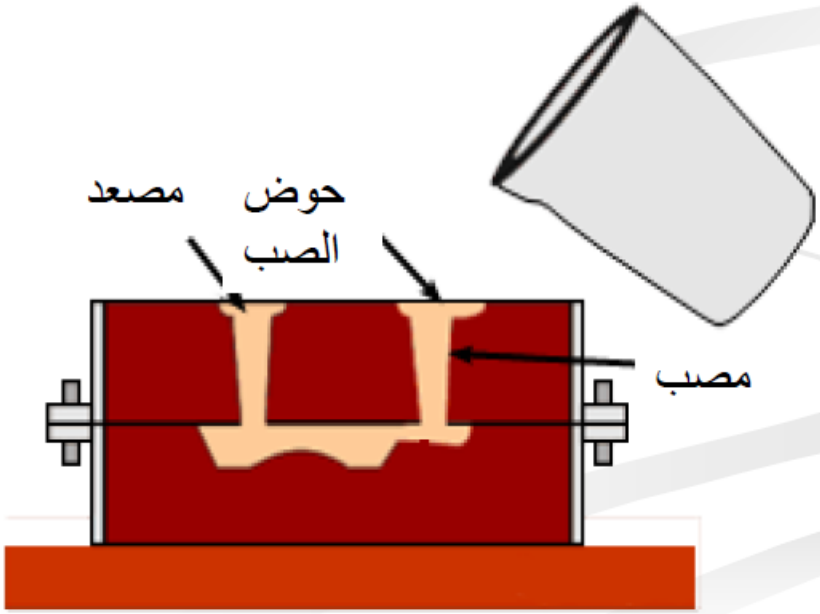
السبـــــاكة

عُرفت عملية السبك منذ 6000 عام، تعود أقدم مسبوكة وجدت إلى عام 3200 قبل الميلاد.تعرف السباكة بأنها عملية تشكيل جسم معدني أو غير معدني وذلك بصهر المادة وصبها في قوالب مصممة بحيث تكون على هيئة الشكل المراد إنتاجه. يترك القالب حتى يبرد فينتج بعد تجمده الشكل المطلوب. ويراعى في المواد التي تشكل بهذه الطريقة أن تمتاز بخاصية الانصهارية والسيولة على أن تحتفظ بخواصها الطبيعية والميكانيكية بعد تجمدها.



المتطلبات الأساسية لعملية السباكة

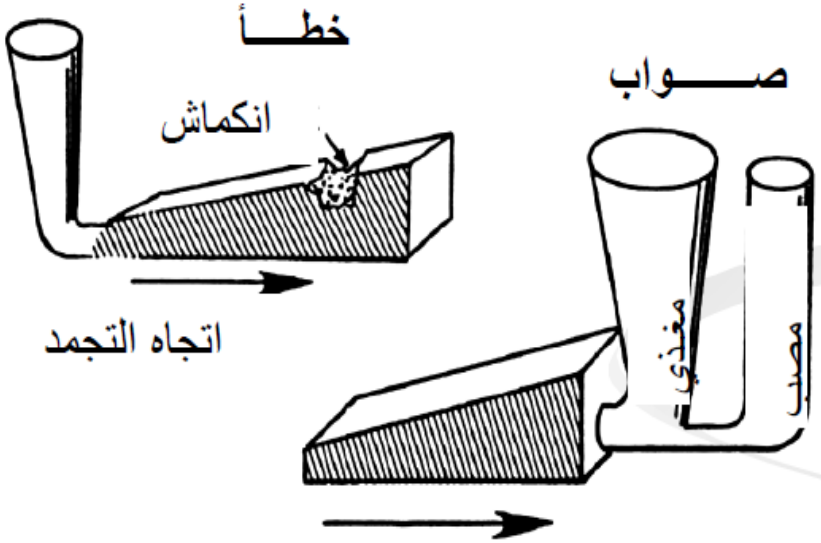
القالب: يكون له الشكل والحجم المرغوبين، ويجب تصميم نماذج السباكة مع مراعاة سماحيات معينة.

وسيلة صهر قادرة على توفير المادة المصهورة في درجات حرارة مناسبة وبكميات كافية بجودة مقبولة وبأنسب التكاليف.

آلية صب ملائمة ومتناسبة مع حجم المادة المصهورة مع توفير وسيلة لإخراج كل الهواء والغازات المحبوسة في التجويف قبل الصب حتى تستطيع المادة المصهورة أن تملأ التجويف بالكامل كي تنتج مسبوكة عالية الجودة خالية من العيوب.

يجب تصميم عملية السباكة بشكل يجعل إخراج المسبوكة أمراً هيناً. يكون هذا مهماً في عمليات السباكة التي تستعمل القوالب المتكررة الإستعمال.

يجب تصميم ومراقبة عملية التصلب بعناية, فيجب تصميم المسبوكات بحيث تتم عملية التصلب دون حدوث مسامات داخلية أو فراغات بالمعدن. ويجب أيضاً أن لا يكون القالب مصمماً بطريقة رديئة (مثل عدم وجود ماسورة الصاعد) بحيث لا يغذي الأماكن التي حدث بها انكماش أثناء عملية التصلب.



أنواع السباكة

(تصنيف تبعاً لنوع القالب والنموذج)

عمليات السباكة ذات القالب المستهلك

- قوالب تستعمل لمرة واحدة مع نماذج متعددة الإستعمال.
- قوالب تستعمل لمرة واحدة مع نماذج أحادية الإستعمال.

- السباكة الرملية Sand casting
- سباكة قالب الجصّ (الجبس) Plaster mold casting
- سباكة قالب السيراميك Ceramic mold casting
- سباكة القالب المطاطي Rubber mold casting
- السباكة الشمعية Investment casting

قوالب من الحديد الزهرة الرمادي ، الصلب، البرونز

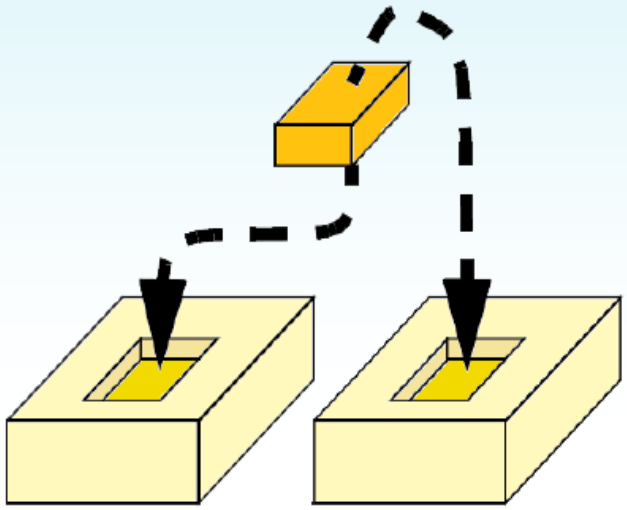
عمليات السباكة ذات القالب المستديم

- قوالب متعددة الإستعمال

سباكة الالمونيوم ، النحاس ، المغانيسيوم

- سباكة القوالب Die casting
- سباكة الطرد المركزي Centrifugal casting
- السباكة المستمرة Continuous casting
- السباكة الكهرومغناطيسية Electromagnetic casting

نماذج السباكة Patterns



- يمثل النموذج أول مرحلة في إنتاج المسبوكات.
- يستعمل النموذج ليشكل تجويفاً يمثل الشكل المرغوب في الرمل الذي يضغط جيداً حول النموذج. بعدها يزال النموذج من القالب الرملي ويسكب المعدن المصهور فى التجويف ليشكل المسبوكة.

- تختار مادة النموذج عادة من الخشب أو السبائك الخفيفة أو البلاستيك أو الشمع أو الجبس . ويراعى في إختيار مادة النموذج الصفات التالية:

1) سهلة التشكيل أو التشغيل.
2) خفيفة الوزن ليسهل حملها وسحبها.
3) قوية ومقاومة للتآكل والبرى.
4) متاحة بسعر مناسب.
5) سهلة الصيانة والإصلاح.
6) يمكن أن يشطب سطحها بدرجة ملاسة عالية.
7) ثابتة الأبعاد ، لا تتغير بظروف الجو المحيط من رطوبة أو حرارة أو غيره.

مواد صنع النماذج

a) **الخشب:** تتميز النماذج الخشبية بسهولة صنعها، وتستعمل عندما تكون كمية القطع المراد سباكتها قليلة. ولكن الخشب ليس مادة متزنة من ناحية الأبعاد (أي لا يحافظ على أبعاده)، وقد يلتوي أو ينتفخ بالتغير في الرطوبة، ويميل إلى البلي بالإستعمال المتكرر.

b) **المعادن:** النماذج المعدنية أكثر تكلفة ولكنها أكثر متانة ومحافظة على أبعادها.

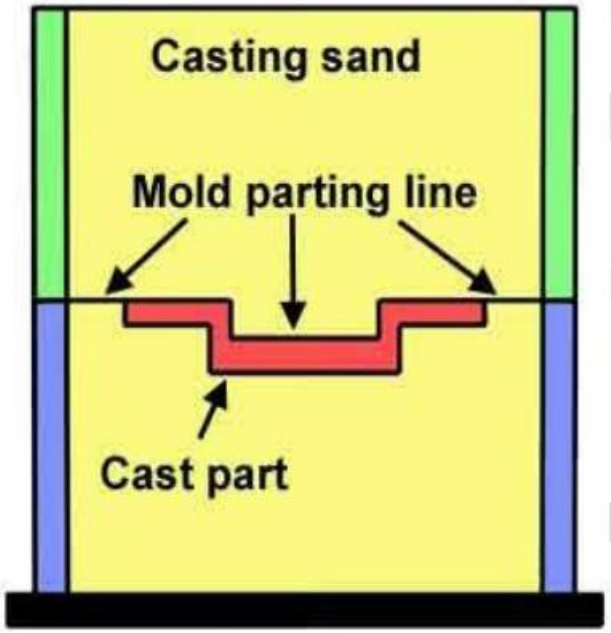
c) **البلاستيك الصلد:** مثل اليوريثين Urethanes وتفضل هذه النماذج في عمليات السباكة التي تستخدم الرمال القوية المترابطة عضوياً والتي تميل إلى الإلتصاق بمواد النماذج الأخرى.

d) **الشمع:** يستخدم في عملية السباكة الشمعية Investment casting، حيث يستعمل النموذج مرة واحدة فقط.

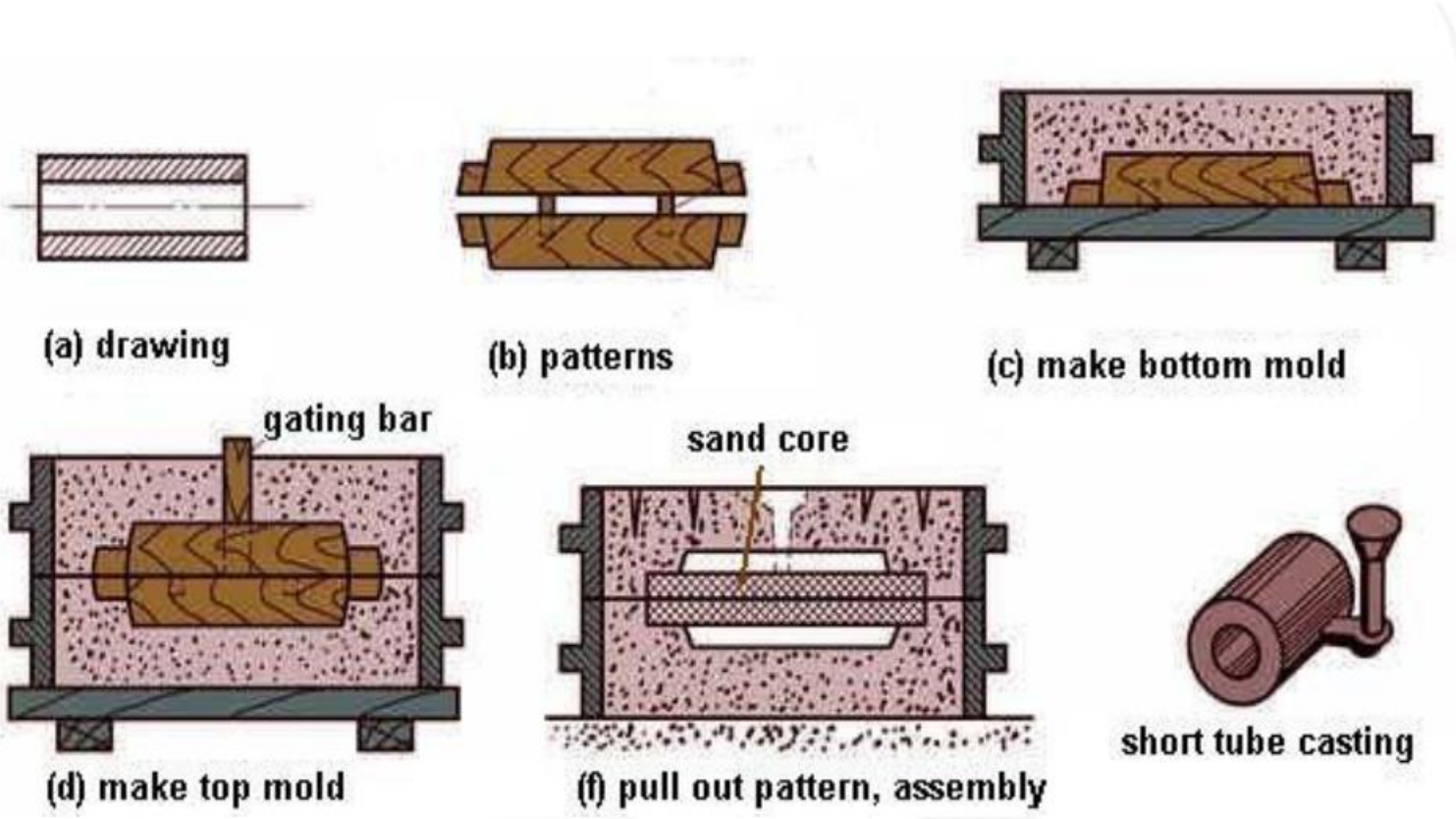
e) **البوليسترين :** (ما يسمى بالعامية الخفاف الابيض) يستخدم في عملية السباكة بالقالب التام Full-mold process، حيث يستعمل النموذج مرة واحدة فقط.

أنواع نماذج السباكة

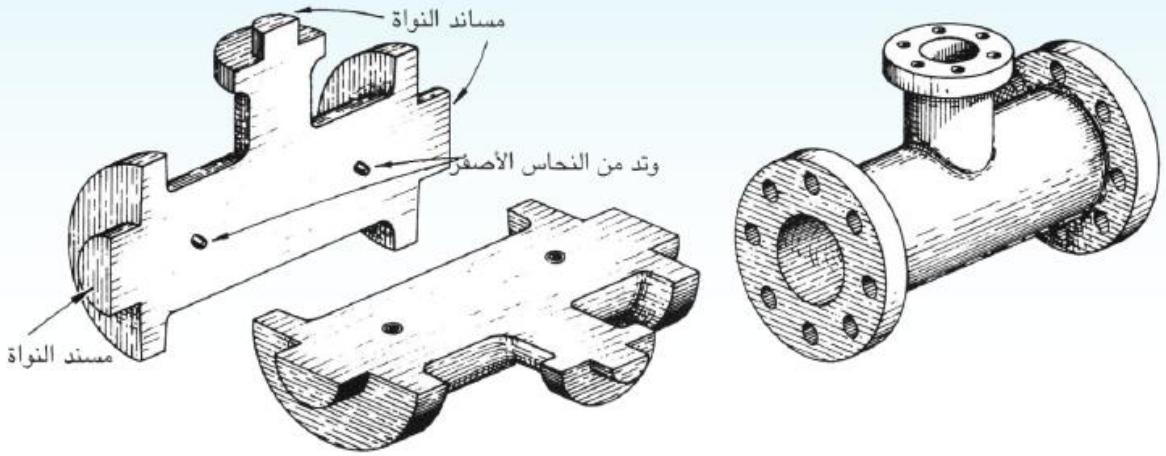
a) النماذج المصمتة (القطعة الواحدة) Solid Pattern: هذه النماذج تعتبر بسيطة ورخيصة وتستعمل عندما يكون الشكل بسيطاً نسبياً وعدد القطع المراد إنتاجها قليل . يتم وضع هذا النوع من النماذج بحيث يكون تجويف الشكل المراد سباكته بالكامل في قسمٍ واحد من أقسام القالب.



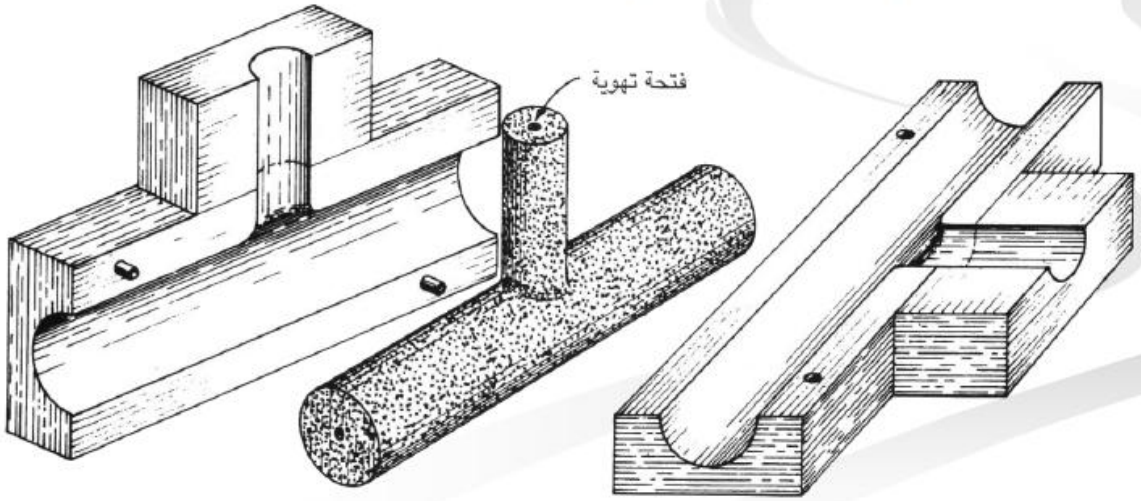
b) النماذج المشطورة Split Pattern: يستعمل هذا النوع من النماذج عندما لا يمكن تكوين فجوة النموذج من قطعة واحدة وذلك لاستحالة استخراجه دون تهدم القالب، ففي هذه الحالة يتكون النموذج من جزئين أو أكثر. تربط هذه النماذج بواسطة دُسُر (Dowels) حتى يتمكن جمعها بدقة إلى الشكل النهائي المطلوب.



- يبين الشكل مثالاً يتطلب نموذجاً مشطوراً (مجزأً) حيث نرى المسبوكة المطلوبة مع النموذج المقسوم.



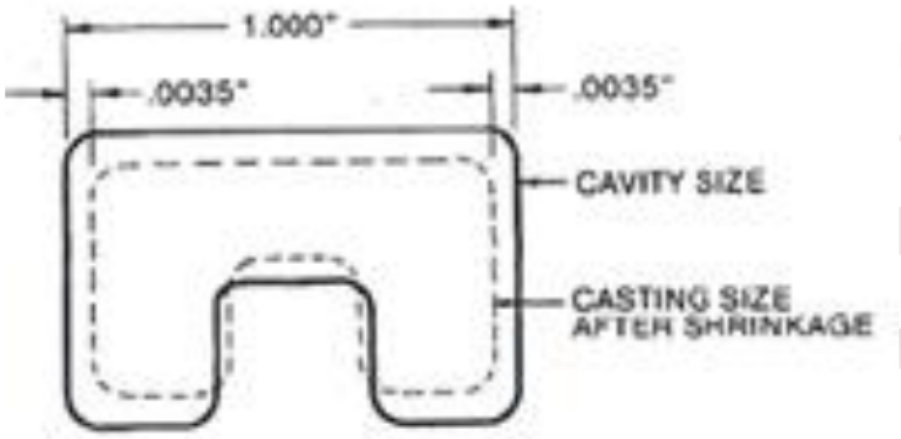
- يبين هذا الشكل علبة النواة المجزأة لهذا العمل مع اللب الذي سيوضع بها. لاحظ فتحة التهوية التي ستعمل على إطلاق الغازات.



إعتبارات أساسية في تصميم النماذج

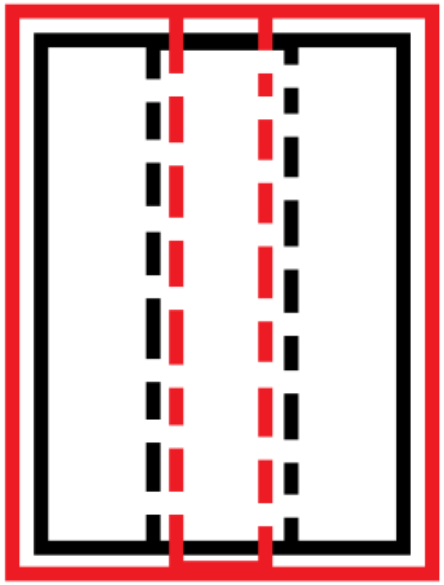
1. **الانكماش Shrinkage:** تنكمش المعادن كلها عندما تبرد وتتجمد، وتختلف كمية الانكماش حسب نوع المعدن. ويجب أخذ الانكماش في الحسبان بجعل أبعاد النموذج أكبر من أبعاد المسبوكة. تسمى هذه **سماحيات الانكماش.** تستعمل **مسطرة الانكماش** بدلاً من مسطرة القياس العادية. تختلف مساطر الانكماش أيضا باختلاف المعدن.

✓ إذا كان مقدار انكماش الحديد الزهر 1 % مثلاً وإذا كان طول المسبوكة 200 مم فإن طول النموذج سيكون 202 مم



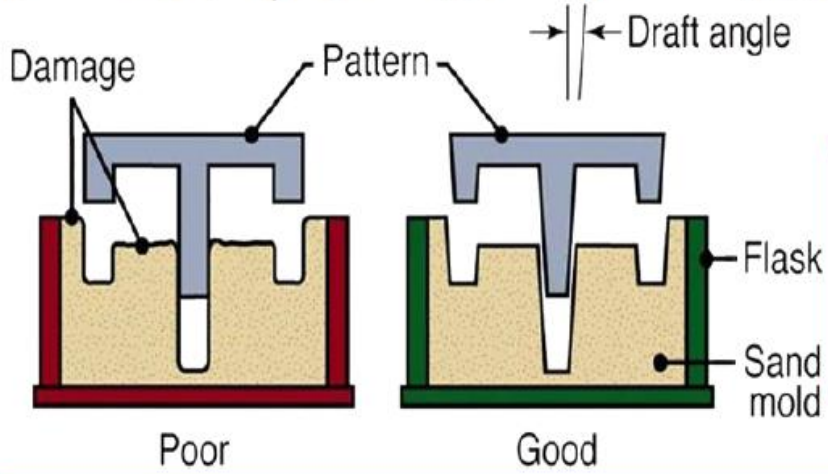
- الجدول التالي يبين سماحيات الإنكماش (التقلص) لبعض المعادن:

نوع المعدن	نسبة الإنكماش %
الحديد الزهر	1.0 – 0.8
الصلب	2.0 – 1.5
الألومنيوم	1.3 – 1.0
الماغنيسيوم	1.3 – 1.0
البراص (سبيكة النحاس)	1.5

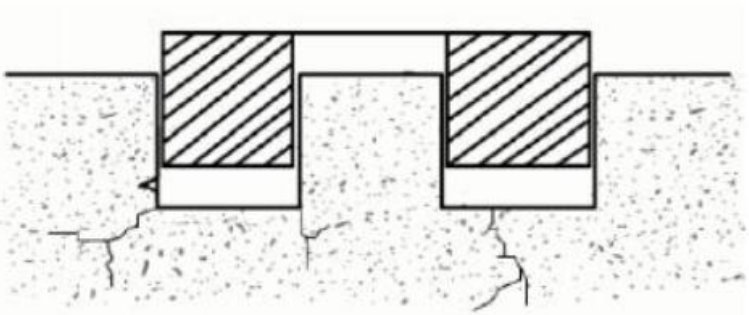


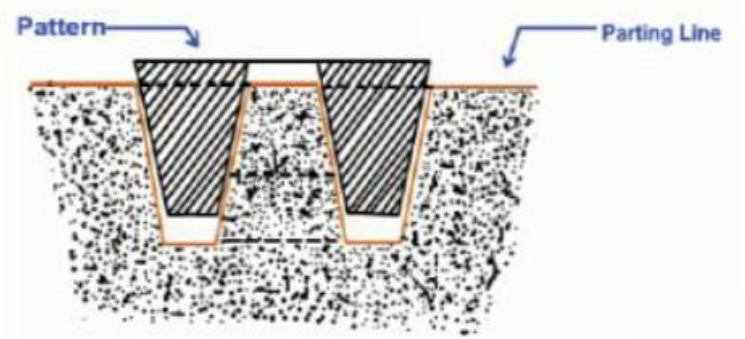
المعدن أو السبيكة	سماحية الانكماش mm / m
Aluminum alloy	13
Aluminum bronze	21
Yellow brass (thick sections)	13
Yellow brass (thin sections)	13
Gray cast iron (a)	8 - 13
White cast iron	21
Tin bronze	16
Gun metal	11 - 16
Lead	26
Magnesium	21
Magnesium alloys (25%)	16
Manganese bronze	21
Copper-nickel	21
Nickel	21
Phosphor bronze	11 - 16
Carbon steel	16 - 21
Chromium steel	21
Manganese steel	26
Tin	21
Zinc	26

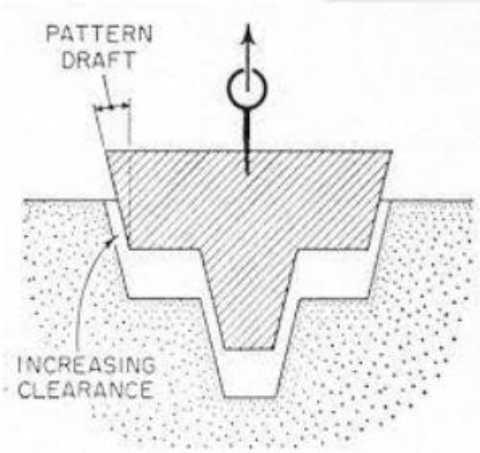
2. الميل أو الإستدقاق (سماحيات السحب): لكي تسحب النماذج من الرمل بدون صعوبات تصنع جدرانها مائلة بزاوية صغيرة على العمودي ليسهل سحبها من القالب، تسمى هذه "سلبة".

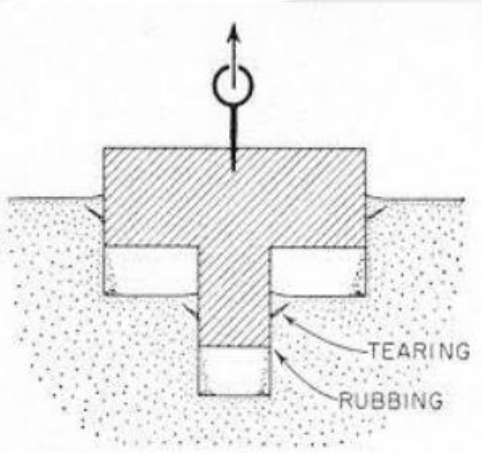


يتحدد مقدار السلبة بحجم وشكل النموذج، عمق الفجوة، مادة النموذج، ومادة القالب. لا تقل السلبة عن 1° أو 0.1مم/سم. وفي الأسطح الداخلية تزداد إلى 4° أو 0.4مم/سم.



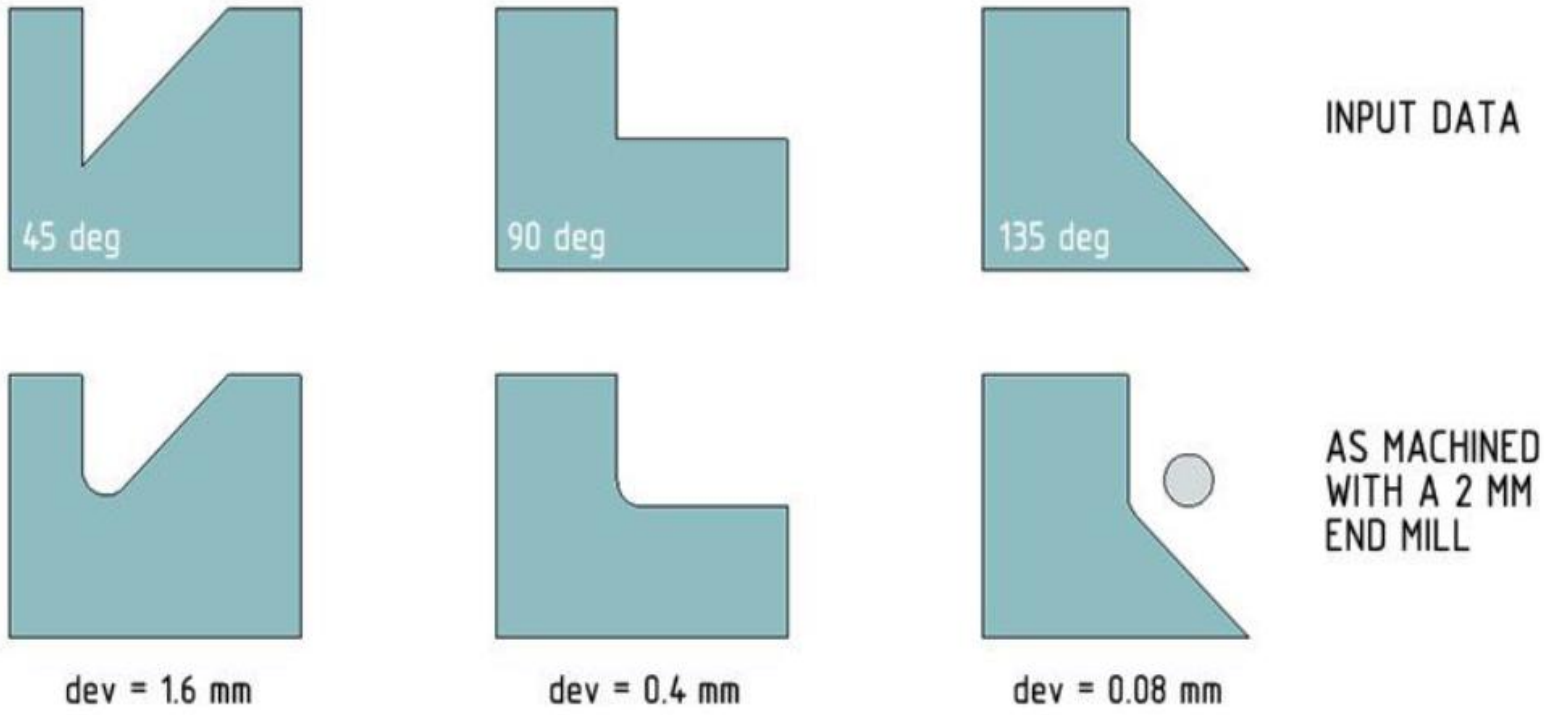






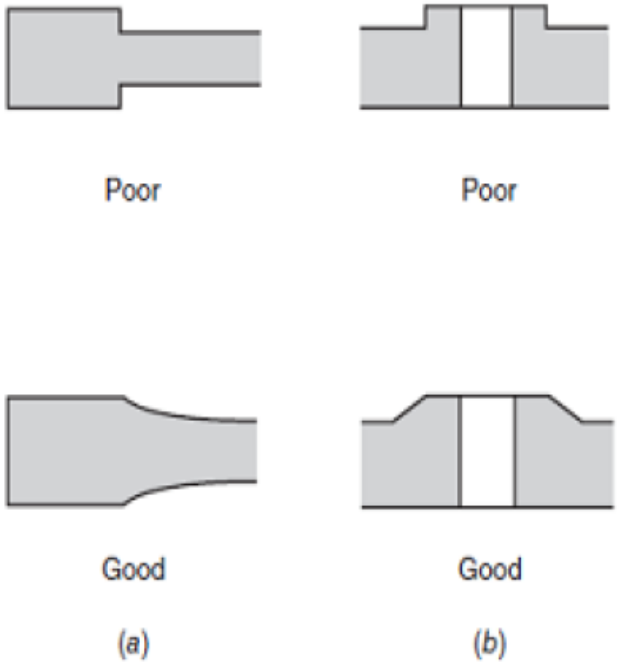
3. الزوايا الحادة: يجب تجنب الزوايا الداخلية الحادة لأنها تسبب تشقق للمسبوكة بسبب التوزيع الحراري على الحواف .

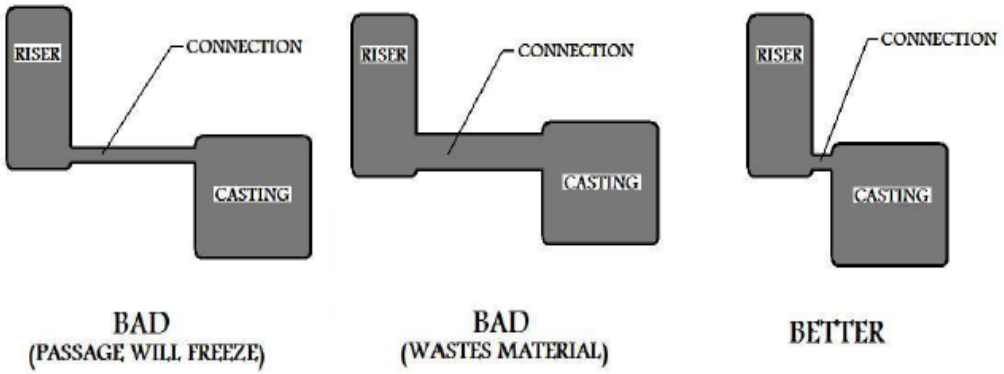
كما تجعل من الصعب إزالة النموذج بدون تكسر حواف القالب



4. تغيرات المقطع: من الأفضل تجنب التغيرات الفجائية للمقطع أو السمك لأن التبريد غير المتساوي يمكن أن يسبب التشوه أو التشقق.

- ✓ ويجب تجنب الأجزاء الرقيقة جداً لأنها لن تصب بشكل نظيف. وستبرد أسرع من بقية أجزاء المسبوكة وستكون أقسى كثيراً.





5. **سماحيات التشغيل:** بالإضافة لسماحيات الانكماش تضاف أحياناً **سماحيات التشغيل** في النموذج عندما تتطلب المسبوكة إجراء عمليات تشغيل عليها بقصد التنعيم وإزالة الشوائب من سطحها. وتكون هذه الإضافات كافية لإزالة أي عيب أو طبقة غير مرغوبة من سطح المسبوكة.

✓ عادة للأغراض العامة تكون إضافات التشغيل بحدود 2 مم.

6. **صقل النموذج:** يجب صقل سطوح النموذج كلها بورق الزجاج ثم تدهن أو تلمع لأن سحب النماذج ذات السطوح الناعمة من الرمل يكون سهلاً، وكي لا تمتص الرطوبة التي تسبب إنتفاخ الخشب وتشوهه.

7. **ألوان التمييز:** تستعمل أنواع من الإلوان لتعريف أجزاء من النموذج.

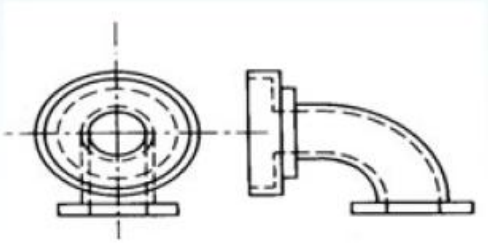
- ✓ مثلاً: يستعمل اللون الأسود للسطوح التي تترك مصبوبة والأصفر للسطوح التي ستشغل، ويشير اللون الأحمر إلى اللب.

السباكة الرملية Sand Casting

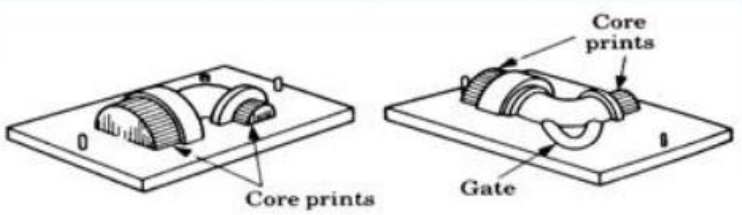
- يستعمل الرمل الطبيعي كمادة أساسية ويخلط مع كميات صغيرة من الطين والماء لزيادة قوة التماسك ولتحسين خصائص القالب.
- في أغلب عمليات السباكة الرملية يتم تدفق المصهور بواسطة الجاذبية.
- بعدما تتصلب المسبوكة يكسر القالب وتستخرج المسبوكة الأمر الذي يتطلب صنع قالب جديد لكل عملية.

الخطوات الأساسية لإنتاج مسبوكة بطريق السباكة الرملية

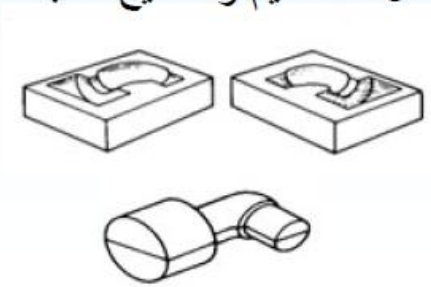
1- تصميم المنتج



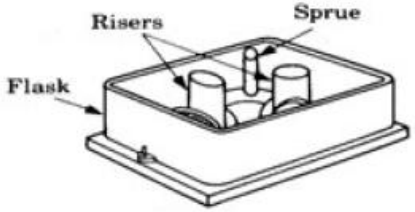
2- تصميم وتصنيع النموذج



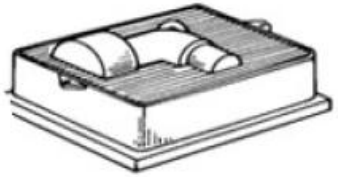
3- تصميم وتصنيع قالب اللب



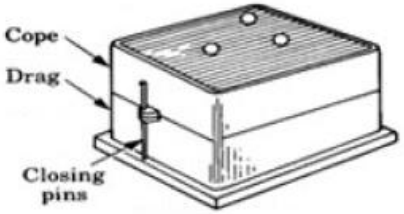
4- اختيار القالب ووضع المصب



5- وضع الرمل



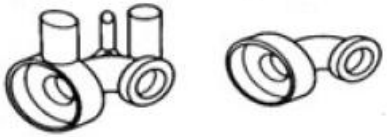
6- تجهيز القالب



7- صهر المعدن

8- صب المصهور في القالب

9- اخراج المسبوك وتنظيفه



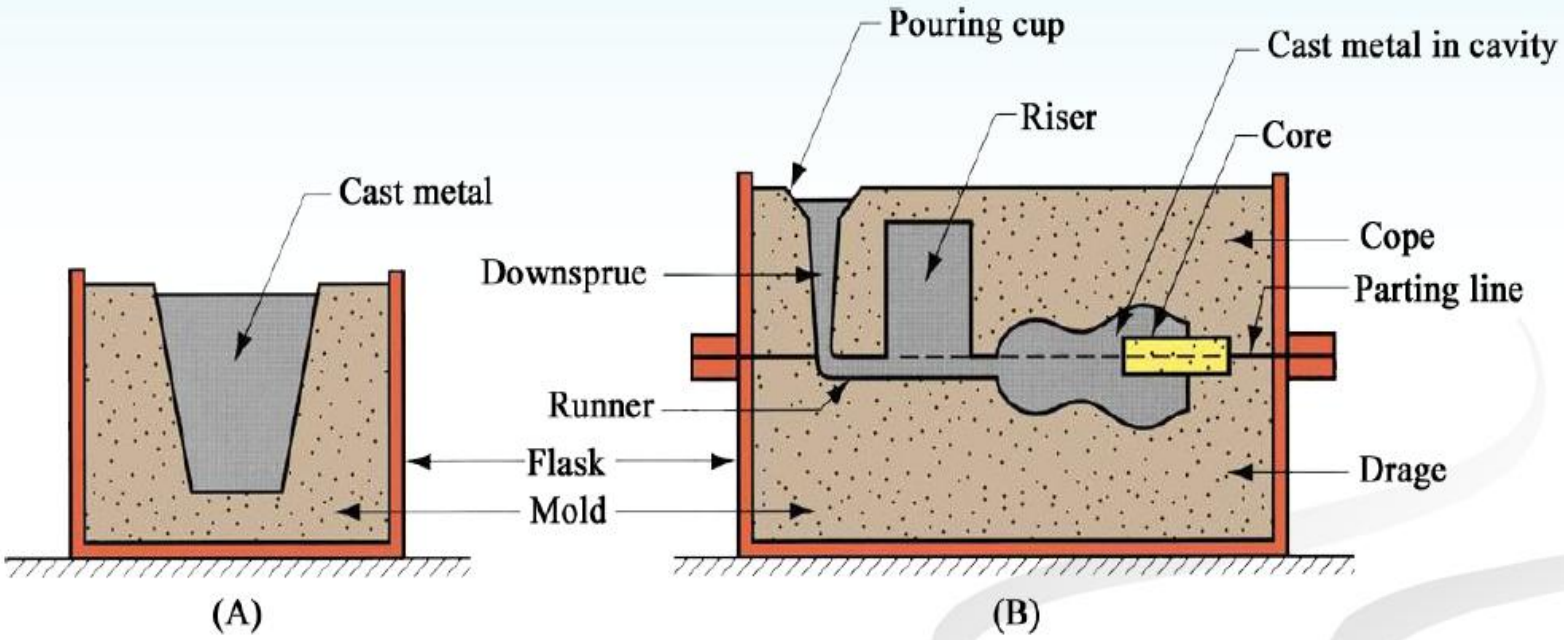
10- المعالجة الحرارية

حسب الحاجة

11- التنظيف والتلميع

12- ضبط الجودة

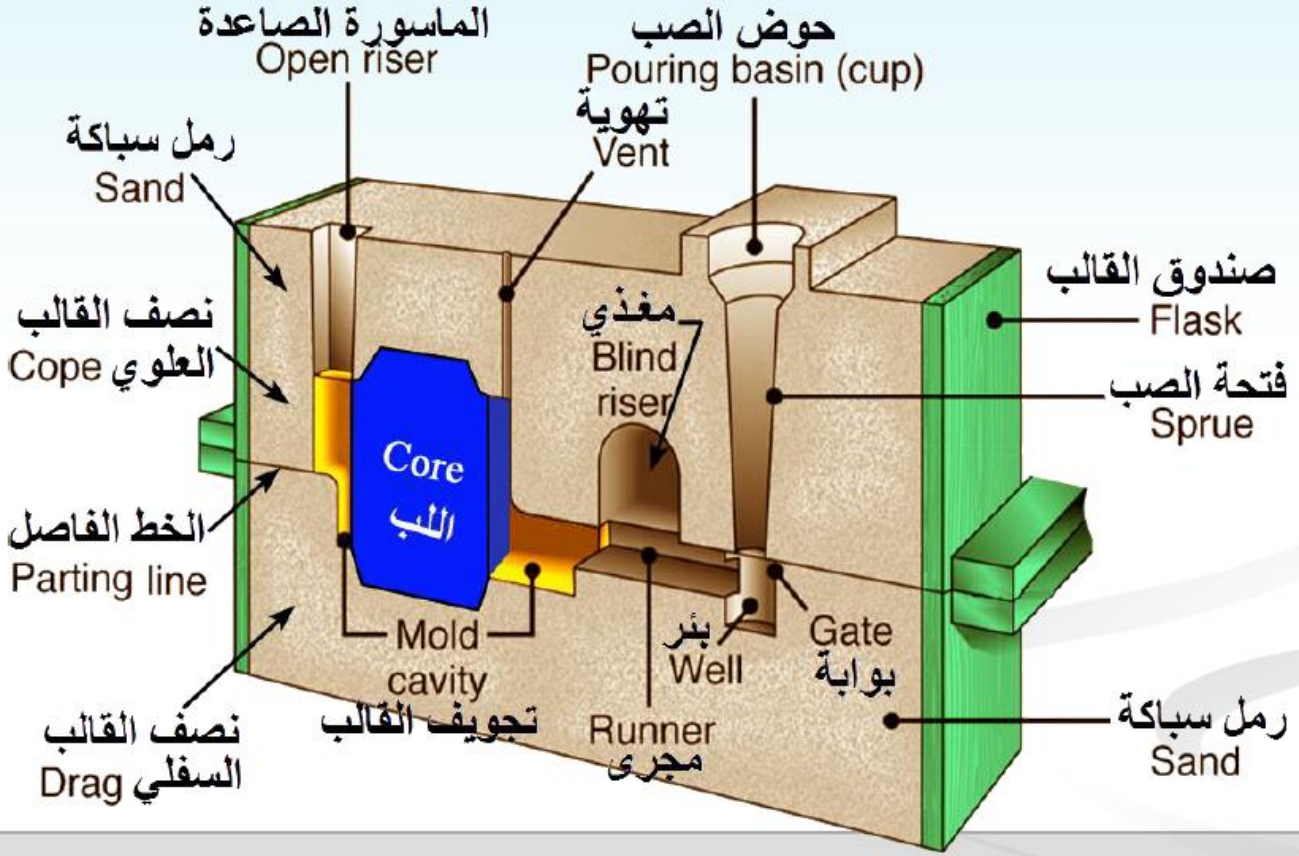
تصنيف قوالب السباكة



A. القالب المفتوح open mold: ويصنع من قطعة واحدة، ويستعمل للمسبوكات البسيطة.

B. القالب المغلق Closed Mold: ويصنع من قطعتين (سفلي وعلوي) وبه ممرات تؤدي إلى تجويف المسبوكة، ويتطلب مهارة في إعداده حيث يستخدم للأشكال الهندسية المعقدة نسبياً.

أجزاء قالب السباكة الرملية

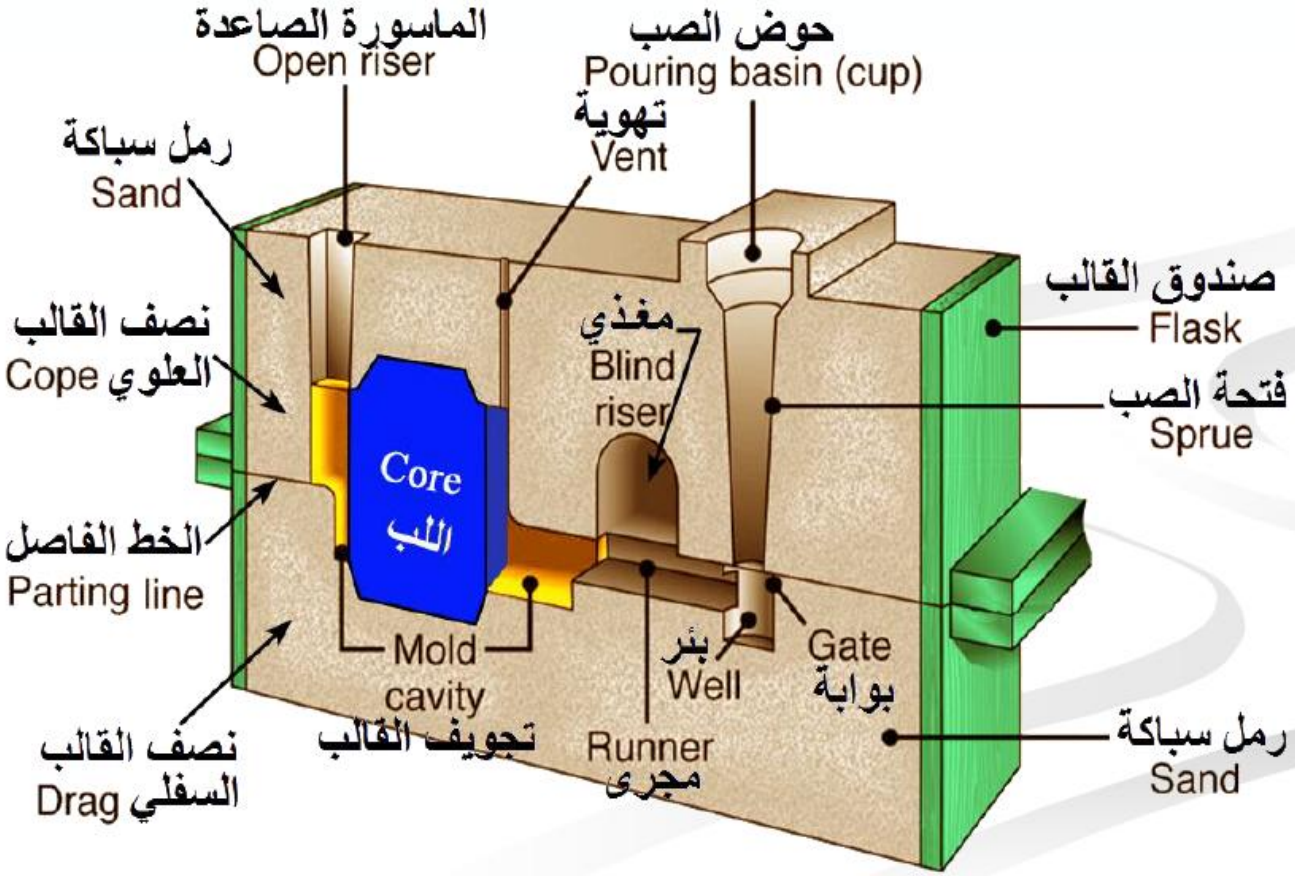


الصندوق Flask: وهو الذي يحتوي ويحافظ على القالب الرملي. يصنع من الخشب في حالة الإستعمال المؤقت، ويصنع من المعدن عند الإستعمال الطويل الأجل. ينقسم الصندوق نصفين: علوي (Cope) وسفلي (Drag) وبأحجام مختلفة حسب حجم وعدد المسبوكات المطلوبة.

النموذج Pattern: يمثل النموذج (عادة ما يصنع من الخشب) النسخة المعدلة من الشكل المراد صنعه والذي يستعمل ليشكل تجويفاً في الرمل للشكل المرغوب سباكته.

الخط الفاصل Parting Line: وهو الخط الفاصل بين نصفي القالب العلوي والسفلي. وفي حال النماذج المشطورة يكون أيضاً الخط الفاصل بين نصفي النموذج.

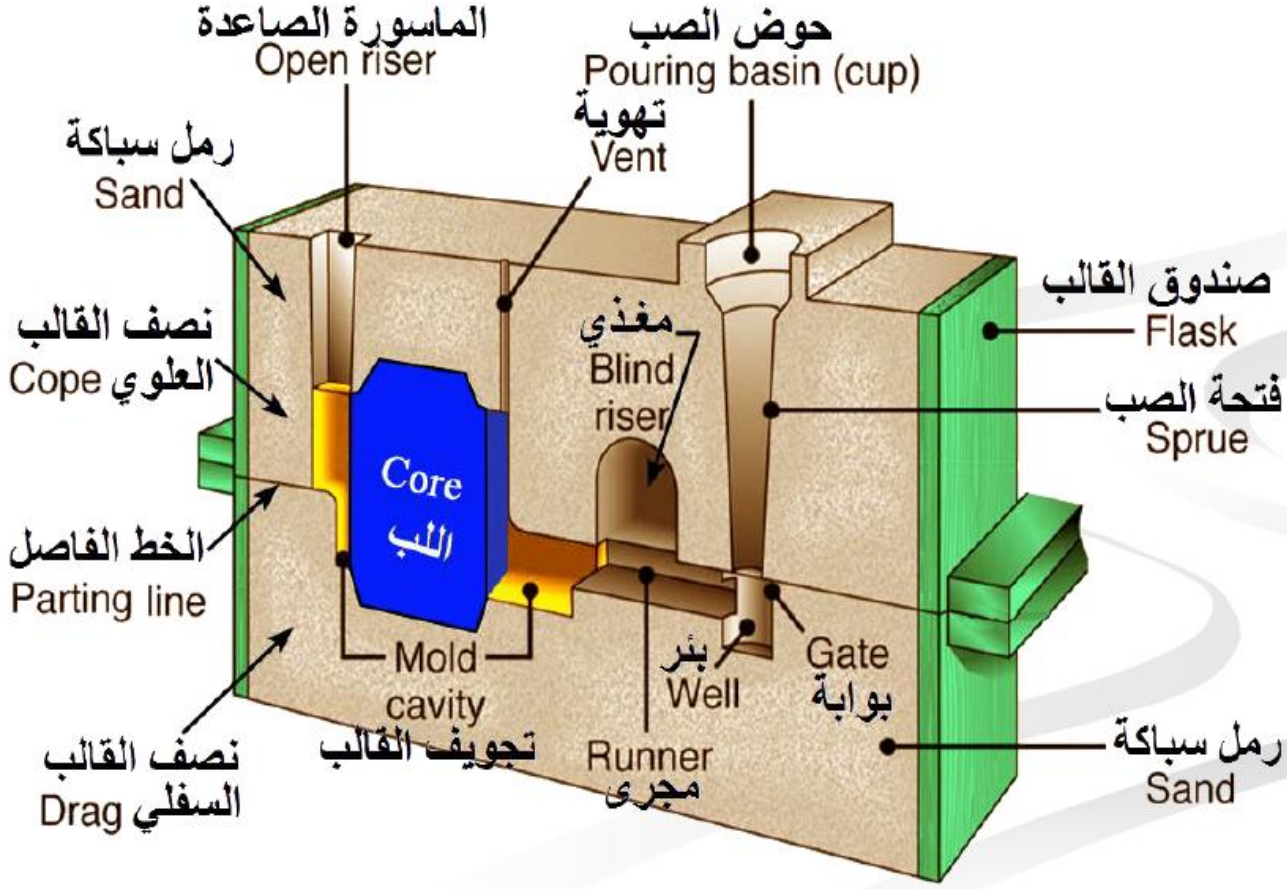
لوحة القاعدة Bottom Board: اللوحة الخشبية التي تستعمل عند بداية صنع القالب، والتي يوضع عليها النموذج أولاً.



حوض الصب Pouring Basin: هو تجويف صغير على شكل قمع ينحت في السطح العلوي للقالب، ويصب فيه المعدن المنصهر.

اللُّب Core: يستعمل اللب عندما توجد تجاويف داخلية في المسبوكات.

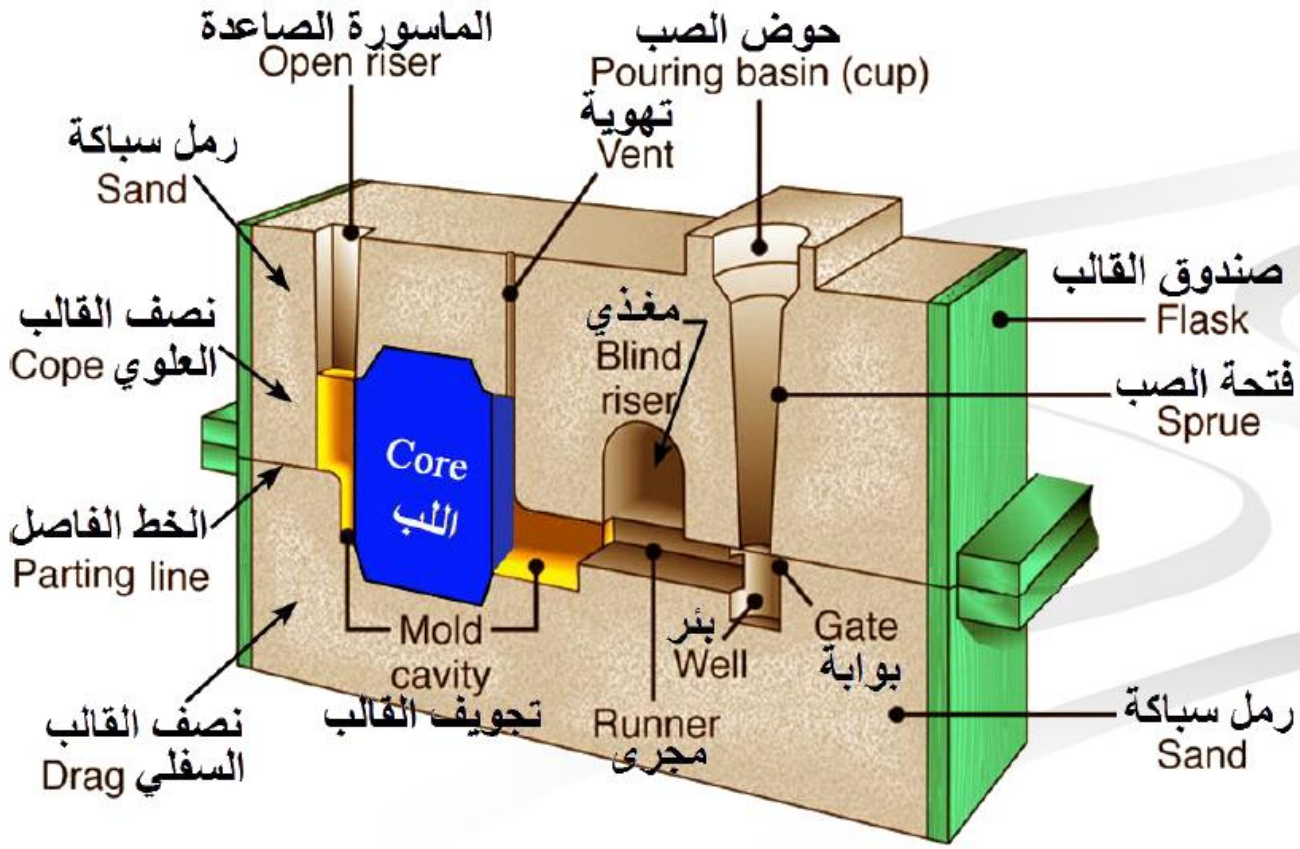
فتحة الصّب Sprue: الممر الذي ينساب فيه المعدن المصهور من حوض الصّب إلى تجويف القالب.



المجرى Runner: الممرات التي على إمتداد المستوى (الخط) الفاصل والتي من خلالها يتم التحكم في تدفق المعدن المنصهر قبل دخوله إلى التجويف.

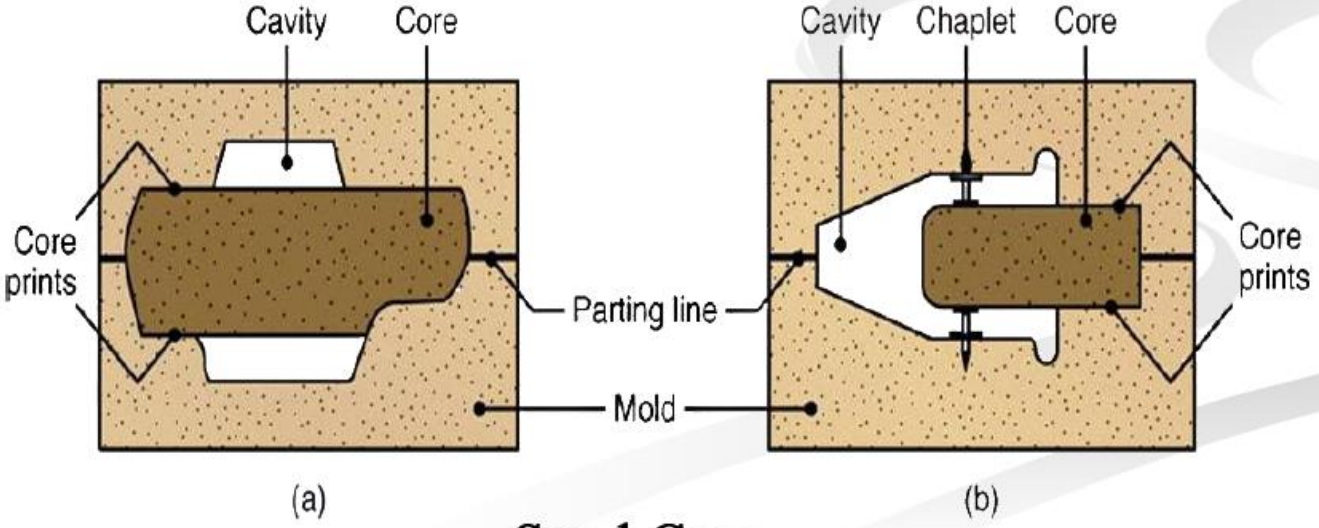
البوابة Gate: هي نقطة الدخول الفعلية والتي من خلالها يدخل المعدن المنصهر التجويف.

الماسورة الصاعدة Riser: هي خزان المعدن المنصهر، يزود به القالب بحيث يعمل على ترجيع المعدن الساخن إلى التجويف عندما يكون هناك نقص في المعدن نتيجة للتصلب.



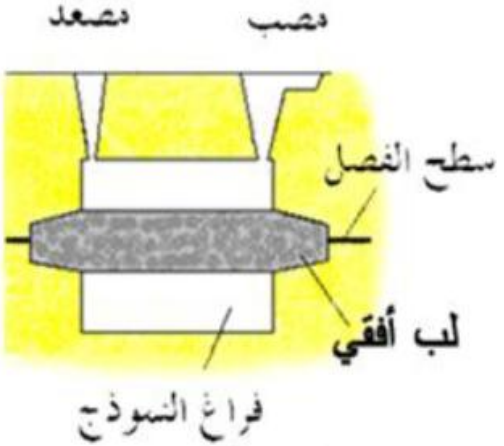
اللب Core

- يستعمل اللب عندما تحتوي المسبوكة على ثقب أو تجويف داخلي.
- تصنع عادةً من رمل السباكة وقد تتم تقويتها بأسياخ من الحديد.
- يجب صناعة اللب بحجم أصغر للتعويض عن الإنكماش (سينكمش كل المعدن حول الثقب أثناء تجمده الى الخارج ويجعله أكبر)
- إذا توجب إضافة سماحيات التشغيل على المسبوكة، فإنه **يجب طرحها** من أبعاد اللب لأن عملية التشغيل ستزيد من حجم الثقب أو التجويف.



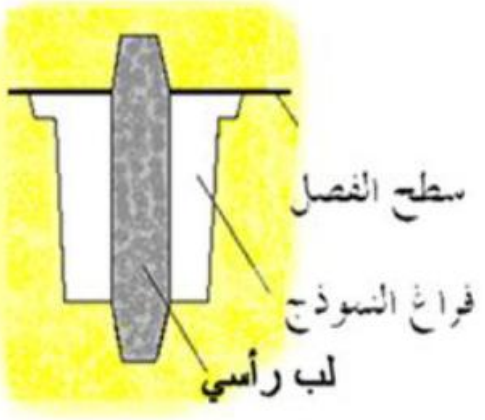
Sand Core

أنواع اللب



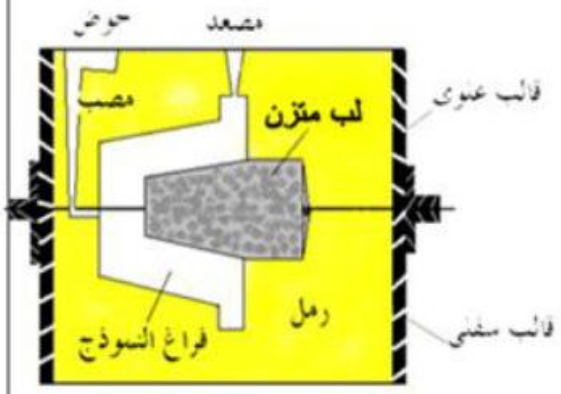
لب افقي

Horizontal Core



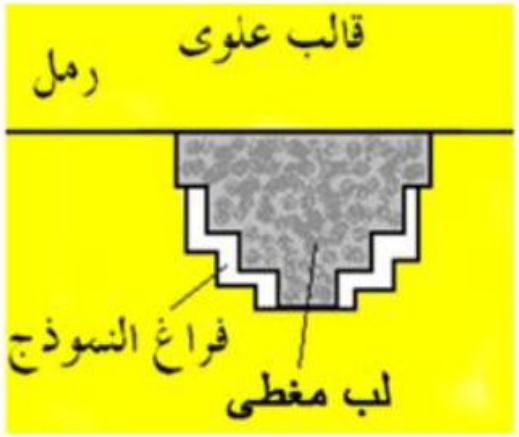
لب رأسي

Vertical Core



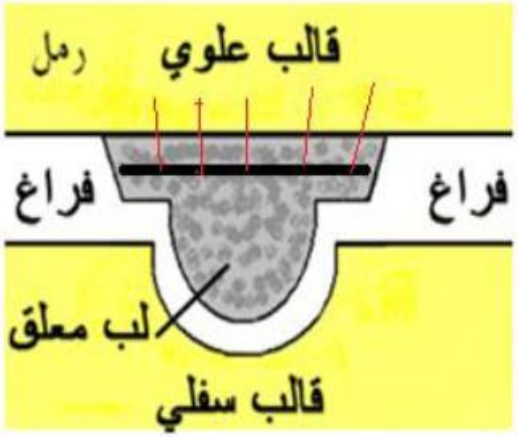
لب متزن

Balanced Core



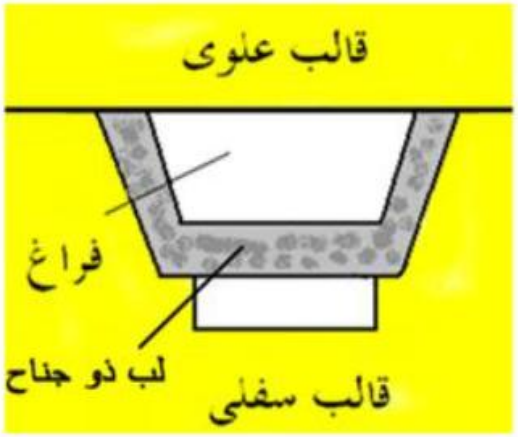
لب مغطى

Cover Core



لب معلق

Hanging Core



لب ذو جناح

Wing Core

رمال المسابك

- تستعمل لصنع المادة المحيطة بالتجويف، عليه يجب أن تكون غير مستعملة.
- وهي عبارة عن خليط من السيليكا (SiO_2) والطين (يستعمل كمادة رابطة) مع محتوى رطوبي (ماء) بكميات مناسبة لتنشيط الطين وتحفيز اللدونة.
- تتميز هذه الرمال بالاتي

i. يجب أن تكون مترابطة جيداً في الحالة الرطبة، أي تحافظ على شكل القالب وهي رطبة.

ii. يجب ان تكون مقاومة جداّ للانصهار أي مقاومة للحرارة.

iii. يجب ألا تحوي على شوائب يمكن أن تشوه سطح المسبوكة.

iv. يجب أن تكون لها خاصية النفاذية لتسريب الغازات خارج القالب .

مكونات رمل السباكة

الرمل	يشكل الجزء الأكبر (92 – 96%)، ويتكون من السيلكا وبعض الأكاسيد مثل أكسيد الألومنيوم وأكسيد الماغنيسيوم. يؤثر كل من الحجمها وشكلها الحبيبي على خصائصها.
الطين	يستعمل كمادة رابطة ويخلط مع الرمل. ويتوفر نوعان منه: الكاولينيت Kaolinite ($Al_2O_3\ 2SiO_2\ 2H_2O$) البنتونيت Bentonite ($Al_2O_3\ 4SiO_2\ H_2O\ nH_2O$) للكاولينيت درجة إنصهار أعلى من البنتونيت مما يجعله أكثر مقاومة للحرارة، بينما يستطيع البنتونيت إمتصاص كمية أكثر من الماء مما يزيد من قدرته على الربط.
الماء	تبلغ نسبته (2 – 8%) من المكونات الكلية للرمل، ويعمل على تنشيط الطين ويوفر المقاومة واللدونة اللازمتين. إن نسبة الرطوبة الزائدة قد تجعل الرمل كتوماً (ذا نفذية قليلة) ومسبباً تلف للمصبوبة بسبب الفقاعات الهوائية المحتبسة.

أنواع رمال السباكة

1. رمل اللب (القلب/الدليك) Core Sand:

- يستعمل لعمل التجاويف الداخلية (إن وجدت) في المسبوكات.
- يجب ان تمتلك هذه الرمال الخواص التالية:
  i. الترابط الرطب.
  ii. الترابط الجاف وهي خاصية المحافظة على الشكل بعد الجفاف الكامل.
  iii. النفاذية، وهي السماح للغازات المتولدة بالخروج بسرعة.
  iv. يجب أن تتقلص بسرعة بعد الصب لتسهيل إزالة القالب.

- يستعمل رمل السيليكا في صناعة اللب ويضاف إليه الديكسترين والماء ليعطيه متانة رطبة. كما يضاف زيت لكي يكون مترابطاً بدرجة إنه لا ينهار بتأثير الضغط الناتج من تقلص المسبوكة أثناء تجمدها. ومن ناحية أخرى لن يكون قاسياً لدرجة انه يصبح صعب الإزالة فيما بعد.

2. رمل الوجه Facing Sand:

- يستعمل لحماية وجه القالب من تاثير المعدن المصهور وللمساعدة في إنتاج وجوه ناعمة وجيدة للمسبوكات.
- رمل الوجه مقاوم جداً للصهر وله نفاذية عالية.
- رش نسب صغيرة من فحم الكوك أو غبار الفحم النموذج والأسطح الفاصلة لتسهيل عملية إزالة النموذج وكذلك فتح القالب. كما يساعد على منع التلامس المباشر بين المعدن والرمل للحصول على سطوح نظيفة للمسبوكات.

3. رمل السند Backing Sand:

- هي عبارة عن رمال مستهلكة ومحترقة تمثل باقي المادة الحرارية المكونة للقالب حيث تستخدم بعد رمل الوجه لملء الريزق (صندوق القالب).

خواص الرمال الأساسية

الصمود الحراري Refractoriness: وهي قدرة مادة القالب على الصمود أمام درجات الحرارة العالية الناتجة من المعدن المنصهر بحيث لا يتسبب عنها إنصهار لمادة القالب.

المقاومة الرطبة Green Strength: يسمى رمل القالب الذي يحتوي على الماء (الرطوبة) بالرمل الرطب أو الرمل الأخضر. يجدر بالرمل الأخضر أن تكون له مقاومة كافية حتى يحافظ القالب على شكله تحت كل الظروف.

المقاومة الجافة Dry Strength: عندما يُصب المعدن المنصهر في القالب يتحول الرمل المحيط بتجويف القالب إلى رمل جاف بفعل تبخر المحتوى الرطوبي بالحرارة. عند هذه المرحلة يجب على الرمل أن يحافظ على التجويف كما هو، وان يقاوم في نفس الوقت قوى المعدن الإستاتيكية.

المقاومة الساخنة Hot Strength: بعد التخلص من كل الرطوبة التي في الرمل، سترتفع درجة حرارة الرمل بشكل كبير عندما لا يزال المعدن في الحالة المنصهرة. تسمى مقاومة الرمل اللازمة للحفاظ على شكل تجويف القالب بالمقاومة الساخنة.

النفاذية (أو المسامية) Permeability: ويقصد بها السماح للغازات والأبخرة المتولدة أثناء السباكة (والتي تتولد من رطوبة الرمل أو من تأكسد المواد العضوية المضافة إليها) بالمرور من خلال مسام رمل القالب إلى الهواء الخارجي. إذا لم يسمح لهذه الغازات بالخروج من القالب ستحبس داخل المسبوكة وستسبب عيوباً بها.

الموصلية الحرارية Heat Conductivity: يجب أن يكون الرمل موصلاً جيداً للحرارة من وجه القالب إلى أعماقه.

الإنهيارية Collapsibility: يجب أن لا يشكل الرمل أي مقاومة للمعدن خلال إنكماشه داخل القالب، لأن وجود أي مقاومة قد تسبب شقوقاً بالمسبوكة.

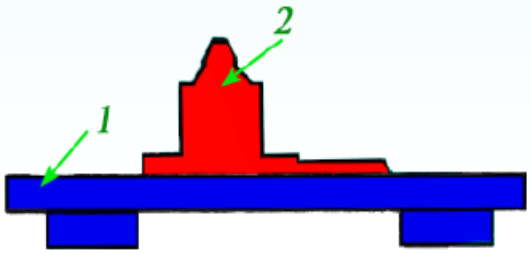
قابلية الإستعمال المتكرر Reusability: وهي إمكانية إعادة إستخدام الرمل المستخدم من جديد في صناعة قالب جديد أخر.

اللدونة Plasticity: وهي إمكانية إتخاذ الرمل أي شكل تحت تأثير القوى الخارجية دون إنقطاع والمحافظة على هذا الشكل.

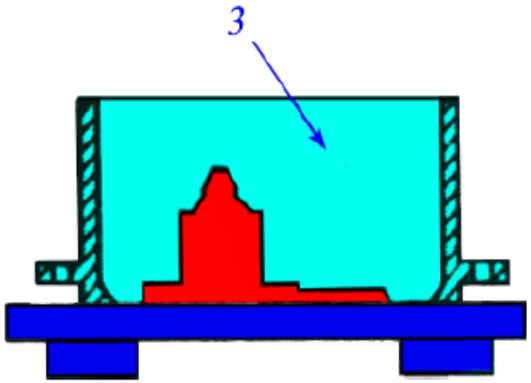
عدم الإلتصاق بوجه النموذج: وهي القدرة على عدم إلتصاق الرمل بالنموذج.

السيولة: والمقصود بها هي سهولة الحركة, حيث يستطيع الرمل ملأ القالب حول أسطح النموذج دون الحاجة للدك أو الكبس الزائد.

طريقة تجهيز القالب الرملي

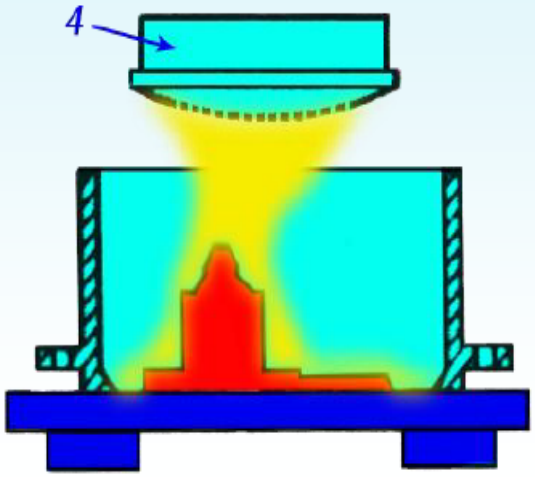


1) يوضع لوح القاعدة على منضدة أو على أي سطح بحيث يكون مستو.
2) يوضع النصف السفلي للنموذج (2) على اللوحة.

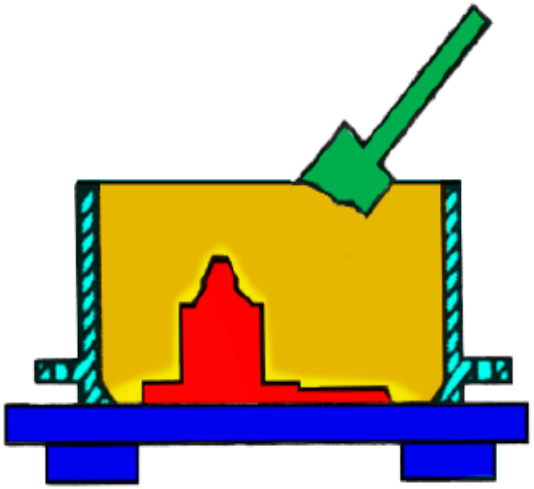


3) يوضع بعد ذلك النصف السفلي للقالب (3) بحيث يكون النموذج بداخل القالب وفي الوسط.

✓ يجب أن تكون هناك مسافات كافية بين النموذج وجدران القالب (50 مم – 100 مم).

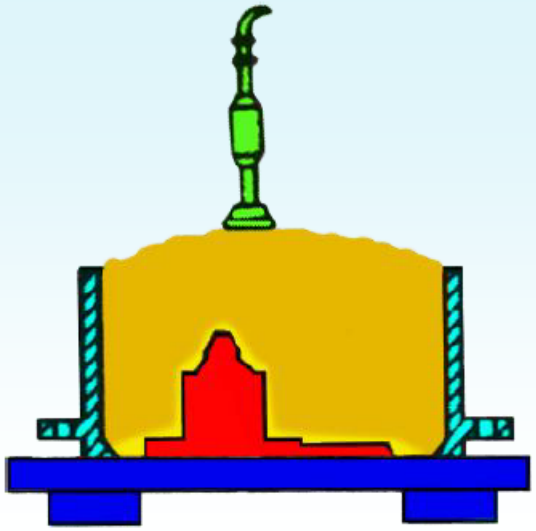


3) تنثر كمية مناسبة من رمل الوجه الجافة بمساعدة منخل (4) على النموذج واللوحة لغرض صنع طبقة غير لاصقة.

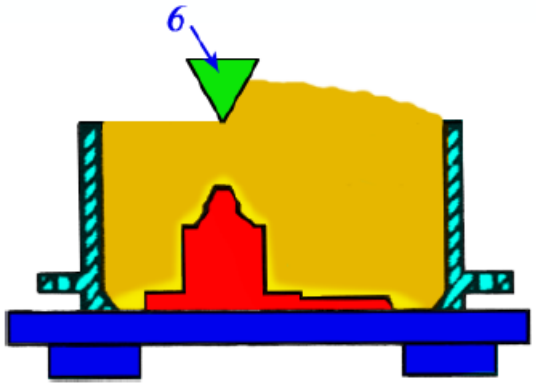


4) تصب بعد ذلك كمية من رمل القالب في القالب وعلى النموذج على حدٍ سواء بسمك يتراوح بين 30 إلى 50 مم.

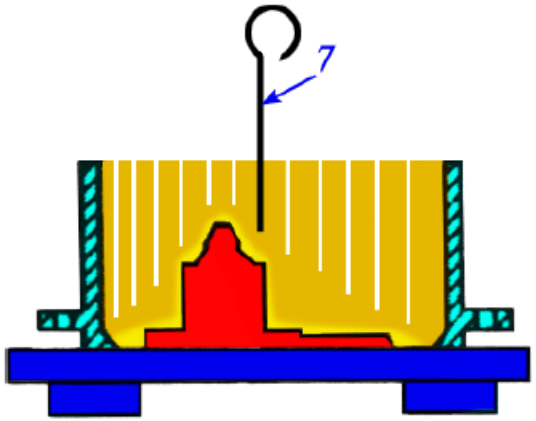
✓ يملأ بعد ذلك باقي القالب برمل السّنَد ويوزع بإنتظام على كامل القالب.



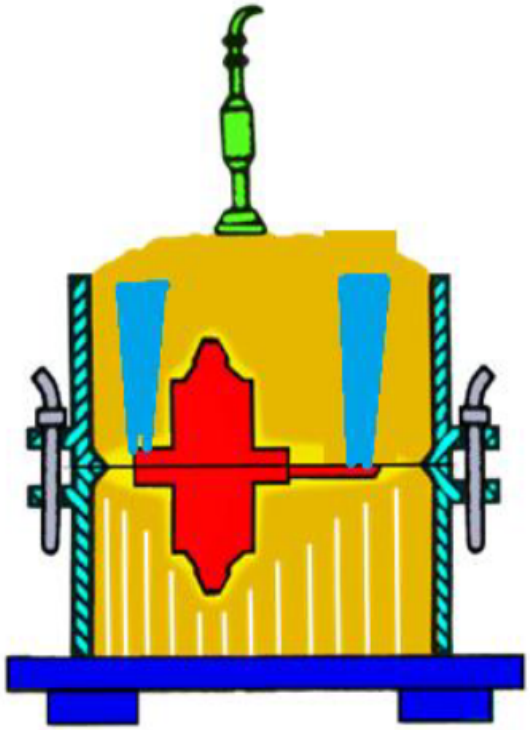
5) يدك الرمل دكاً جيداً وبعناية، فلا تجب المبالغة في الدك لأن ذلك يجعل خروج الغازات صعباً، ومن ناحية أخرى لا نخفف كثيراً في الدك لأن ذلك يجعل القالب غير متماسك.



6) تزال كمية الرمل الزائدة بواسطة قضيب مستو ويُسوّ القالب مع الحواف العليا للصندوق.

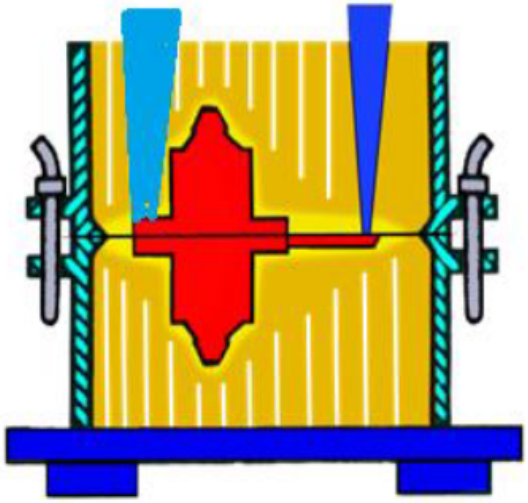


7) تحدث في القالب بعد ذلك ثقوب التهوية بواسطة سلك التهوية (7) لتسهيل خروج الغازات أثناء تصلب المسبوكة. تعتبر خطوة زائدة بالنسبة للقالب السفلي



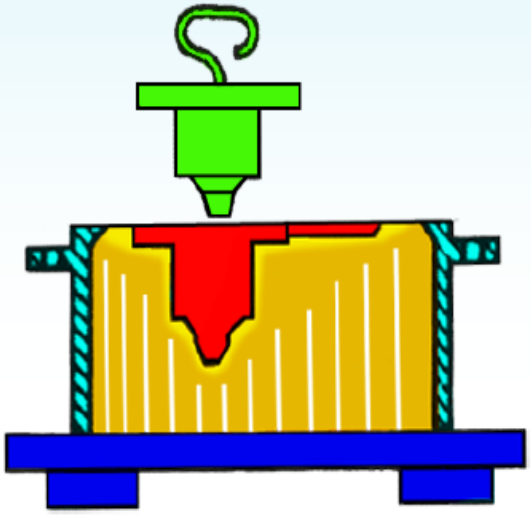
8) يقلب النصف السفلي للقالب الجاهز بحيث يكون النصف السفلي للنموذج في أعلى القالب.

- ✓ يوضع بعدها النصف العلوي للنموذج فوق النصف السفلي له.
- ✓ يوضع النصف العلوي للقالب فوق النصف السفلي وتتم محاذاتهما بواسطة مسامير الوصل.
- ✓ يوضع نموذج المصب وكذلك نموذج المصعد .
- ✓ ننثر **رمل الفصل الجاف** بعد ذلك على إمتداد النصف السفلي للقالب وذلك لمنع إلتصاق نصفي النموذج أثناء الدك.



9) يدخل مسمار فتحة الصب في القالب وذلك لعمل الفتحة وتكون على بعد بسيط من النمذج بمسافة 50 مم تقريباً.

- ✓ يدخل كذلك الماسورة الصاعدة (عند الحاجة) في المكان المناسب.
- ✓ ترش كمية من رمل القالب النظيفة والجاهزة وبعدها رمل السّنَد.
- ✓ يدك الرمل وتحفر ثقوب التهوية.
- ✓ بعد ذلك يسحب كل من مسمار فتحة الصب ومسمار الماسورة الصاعدة بعناية.
- ✓ ينحت بعدها حوض الصب بالقرب من السطح العلوي لفتحة الصب.

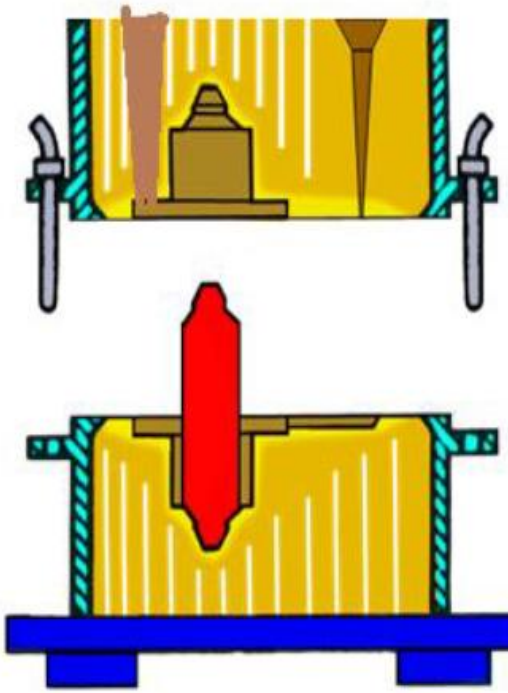


10) يفصل نصفي القالب الرملي عن بعضهما ويبعد الرمل السائب عن أسطحهما بالنفخ (عادة ما يستعمل منفاخ خاص بذلك).

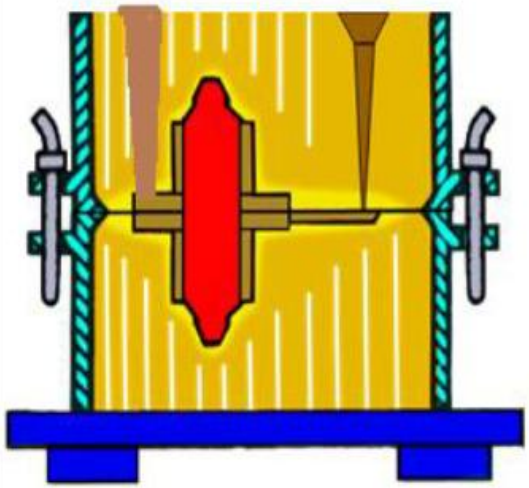
11) ينزع بعدها نصفي النموذج من القالب بمساعدة مسامير السحب مع قليل من الخلخلة.

12) تحفر المصبّات والبوابات بعناية دون الإضرار بالقالب. ويجب إزالة أي رمل زائد أو سائب من على المصبات أو التجويف بواسطة المنفاخ.

13) يتم الآن وضع رمل الوجه (في صورة سائل معلق) حول التجويف والمصبات التي ستعطي المسبوكة سطحاً جيداً



13) يتم تجهيز اللب من الرمل الجاف بإستخدام صندوق اللب. بعدما يستخرج من الفرن يوضع في التجويف المخصص له.

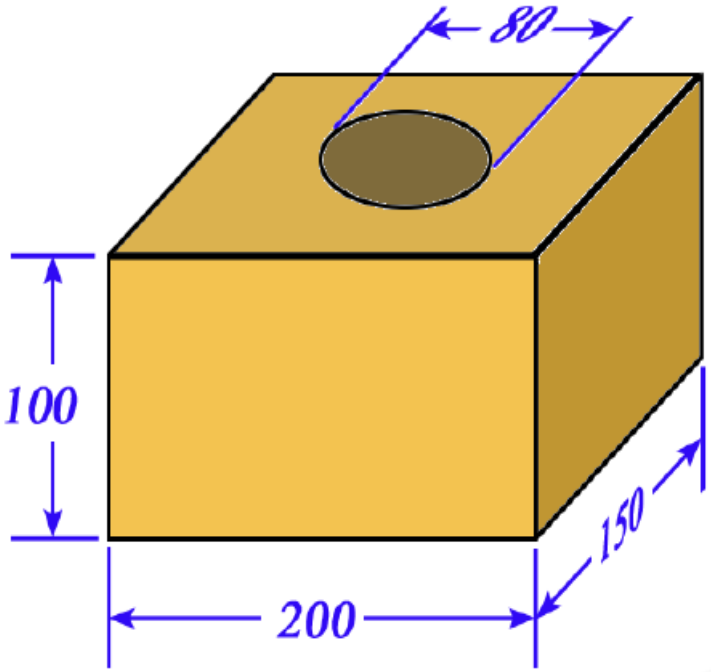


14) يعاد وضع النصف العلوي للقالب فوق النصف السفلي مع الحرص على المحاذاة وذلك بمساعدة المسامير الخاصة.

✓ يكون بذلك القالب جاهزاً للصب.

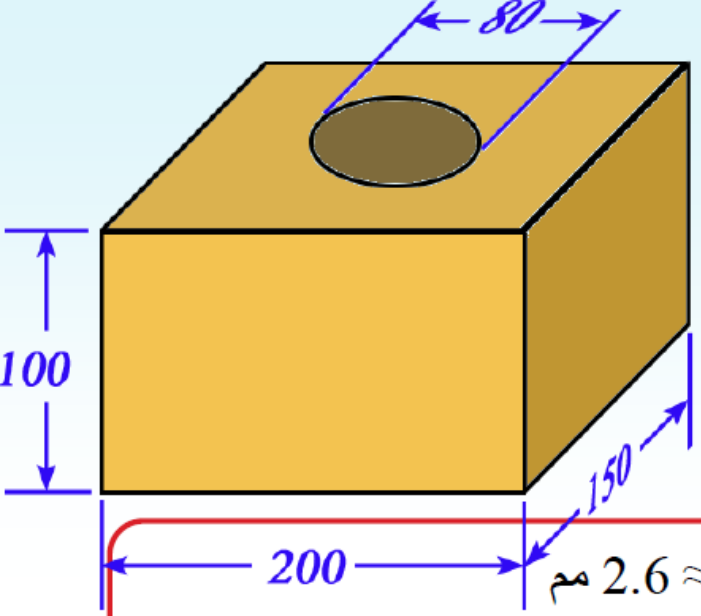
مثـــــال 1:

- يراد إنتاج مجموعة من القطع مثل الموضحة بالشكل والمصنعة من الصلب وذلك بإستعمال نموذج من الخشب.
- أحسب أبعاد النموذج اللازم بإعتبار سماحيات الإنكماش فقط.



نوع المعدن	نسبة الإنكماش %
الحديد الزهر	1.0 – 0.8
الصلب	2.0 – 1.5
الألومنيوم	1.3 – 1.0
الماغنيسيوم	1.3 – 1.0
البراص (سبيكة النحاس)	1.5

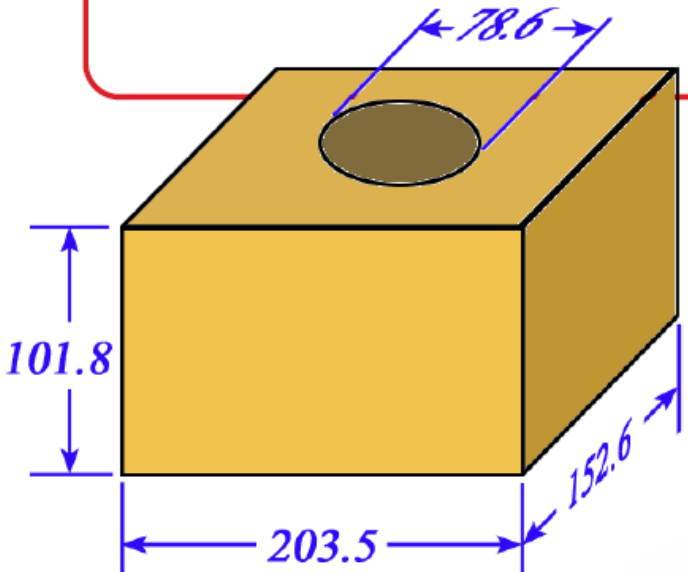
الحـــــل



- نفترض أن سماحية الإنكماش = 1.75%

- سماحية الإنكماش للبعد 150 مم = 0.0175 x 150 = 2.625 مم ≈ 2.6 مم
- البعد على النموذج = 150 مم + 2.6 مم = 152.6 مم

- سماحية الإنكماش للبعد 100 مم = 0.0175 x 100 = 1.75 مم ≈ 1.8 مم
- البعد على النموذج = 100 مم + 1.8 مم = 101.8 مم



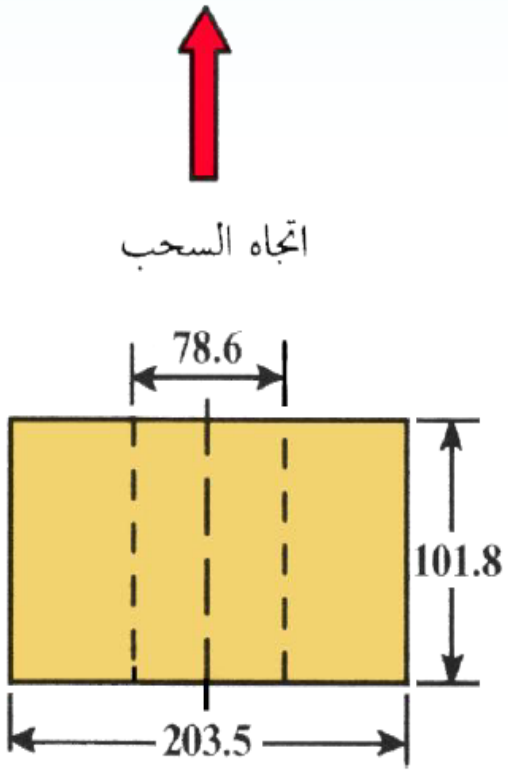
- سماحية الإنكماش للبعد 200 مم = 0.0175 x 200 = 3.5 مم
- البعد على النموذج = 200 مم + 3.5 مم = 203.5 مم

- سماحية الإنكماش للبعد 80 مم = 0.0175 x 80 = 1.4 مم
- البعد على النموذج = 80 مم – 1.4 مم = 78.6 مم

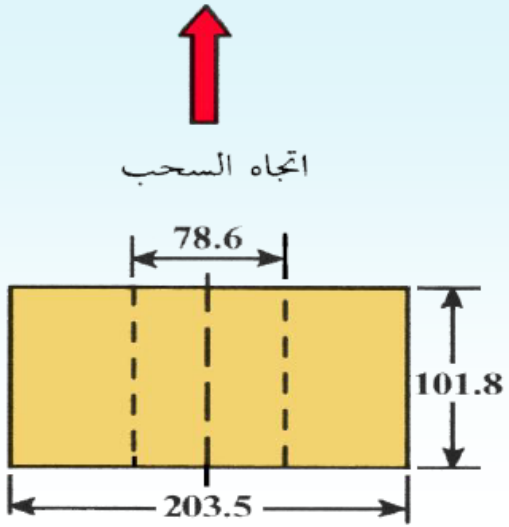
مثـــــال 2

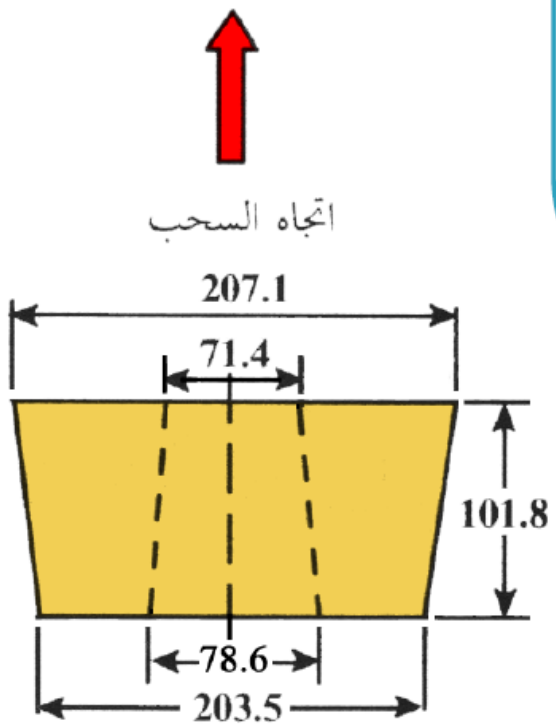
- بإعتبار نفس المسبوكة المعطاة في المثال (1)، أوجد سماحيات السحب اللازم إعتبارها في النموذج بعدما أُحتُسِبتّ سماحيات الإنكماش.

الحـــــل



- سيتم سحب النموذج كما هو موضح أدناه بالشكل.
- وبإفتراض سلبة (إستدقاق) مقدارها درجة واحدة (1^o) للتفاصيل الخارجية ودرجتان (2^o) للتفاصيل الداخلية.



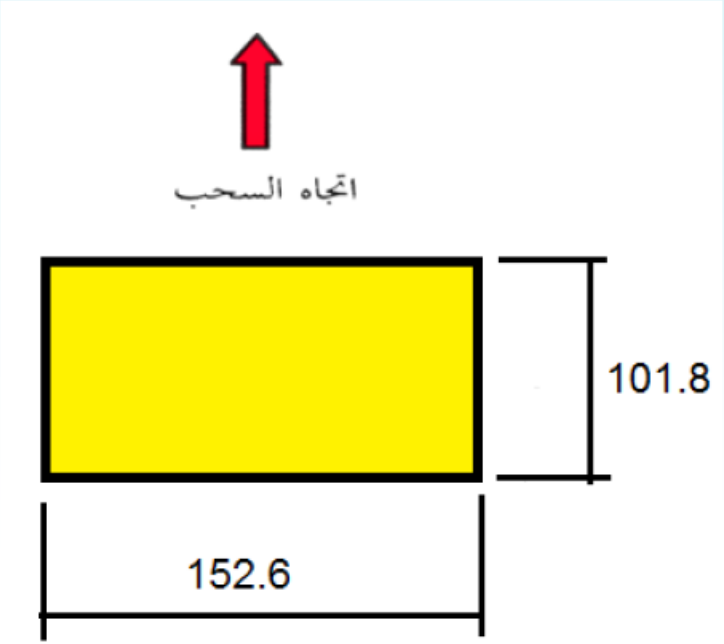


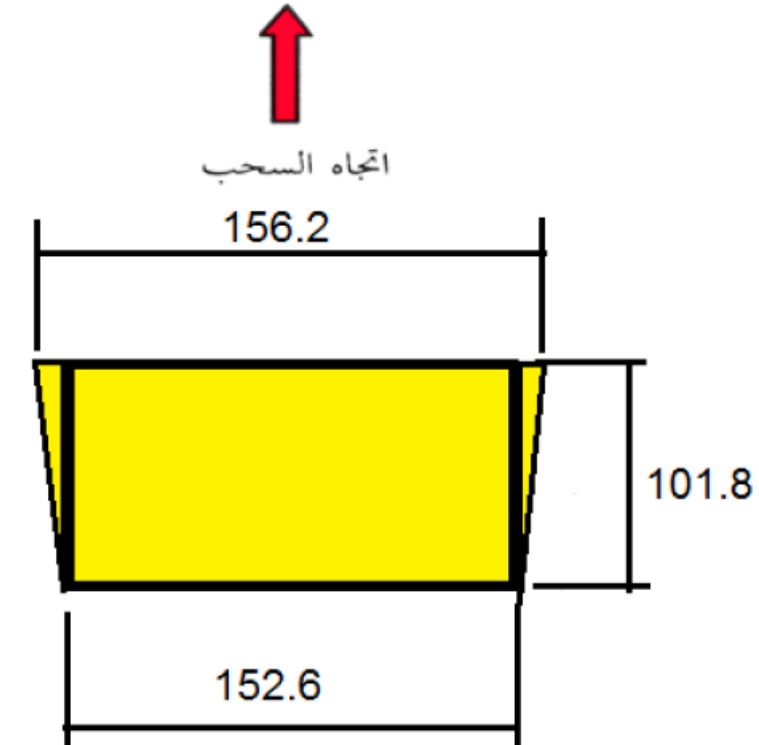
- الإستدقاق (السلب) المطلوب للارتفاع 101.8 مم مع طول القاعدة = 203.5 ملم:

- للتفاصيل الخارجية = 101.8 x ظا 1° = 1.776 مم ≈ 1.8 مم
- للتفاصيل الداخلية = 101.8 x ظا 2° = 3.556 مم ≈ 3.6 مم

- بعد تنفيذ هذا السلب على النموذج يزداد البعد 203.5 مم من الجهة العليا لإتجاه السحب فيصبح:
- 203.5 + (1.8 x 2) = 207.1 مم
- أما البعد من الجهة السفلى فإنه يبقى كما هو، أي 203.5 مم

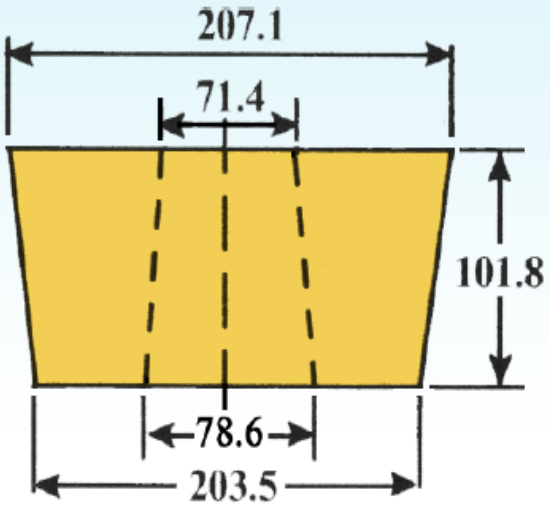
- أما بالنسبة للبعد الداخلي الذي يمثله البعد 78.6 مم فسينقص من الجهة العليا لإتجاه السحب فيصبح:
- 78.6 - (3.6 x 2) = 71.4 مم
- أما البعد من الجهة السفلى فإنه يبقى كما هو، أي 78.6 مم





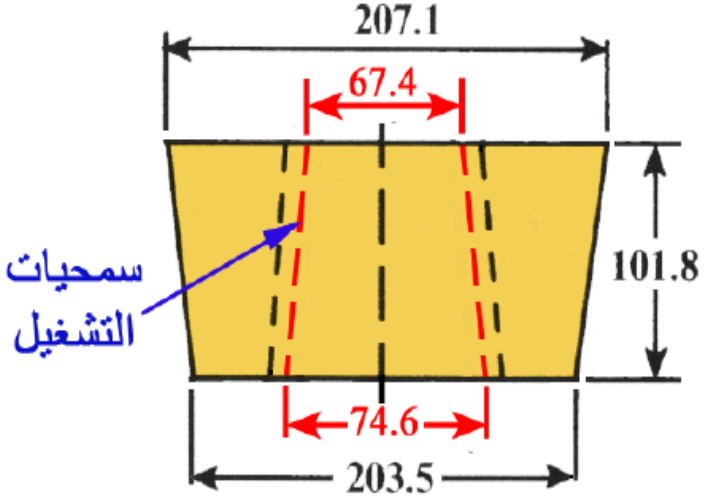
- الإستدقاق (السلب) المطلوب للارتفاع 101.8 مم مع عرض القاعدة 152.6 ملم:
  - للتفاصيل الخارجية = 101.8 x ظا 1° = 1.776 مم ≈ 1.8 مم
  - بعد تنفيذ هذا السلب على النموذج يزداد البعد 203.5 مم من الجهة العليا لإتجاه السحب فيصبح:
  - 156.2 = (1.8 x 2) + 152.6 مم
  - أما البعد من الجهة السفلى فإنه يبقى كما هو، أي 152.2 مم

مثـــــال 3



- في المثال السابق، ماذا ستكون أبعاد النموذج إذا ما توجب تشغيل (خراطة) الثقب الذي بالمسبوكة؟ إعتبر أن سماحيات التشغيل هي 2 مم.

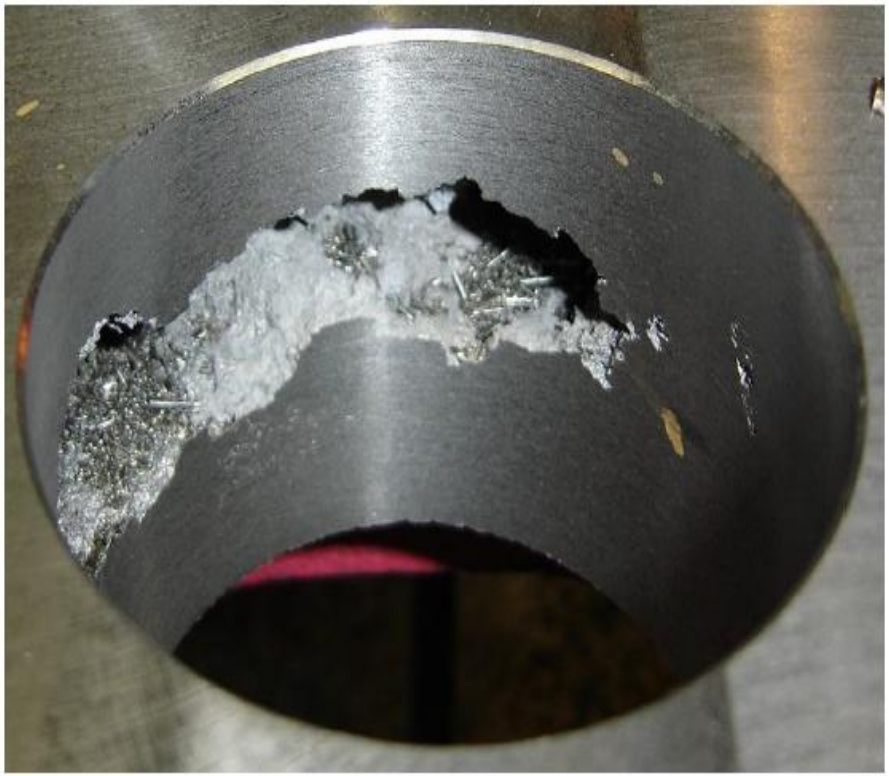
الحـــــل

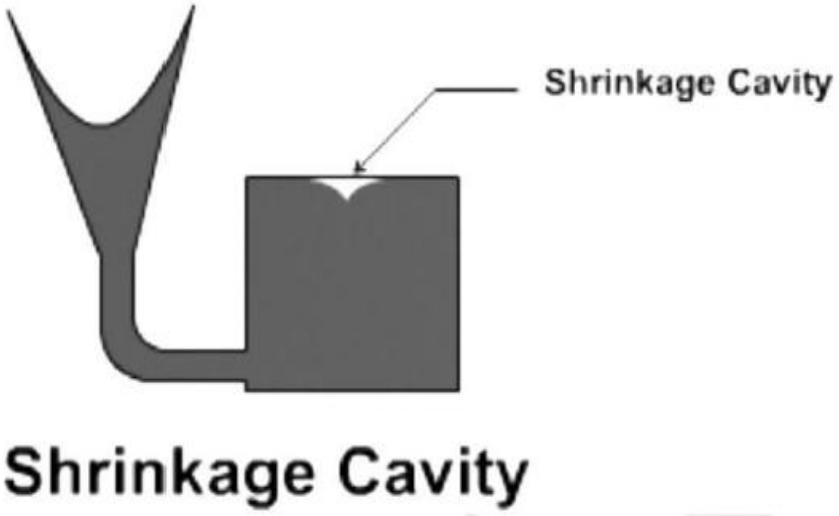


- الأبعاد المتعلقة بالتشغيل في هذه الحالة هي أبعاد التجويف العليا والسفلى فقط وتحسب كالتالي:
- البعد العلوي = 71.4 – (2 x 2) = 67.4 مم
- البعد السفلي = 78.6 – (2 x 2) = 74.6 مم
- وتكون الأبعاد النهائية كما في الشكل.

عيوب المسبوكات

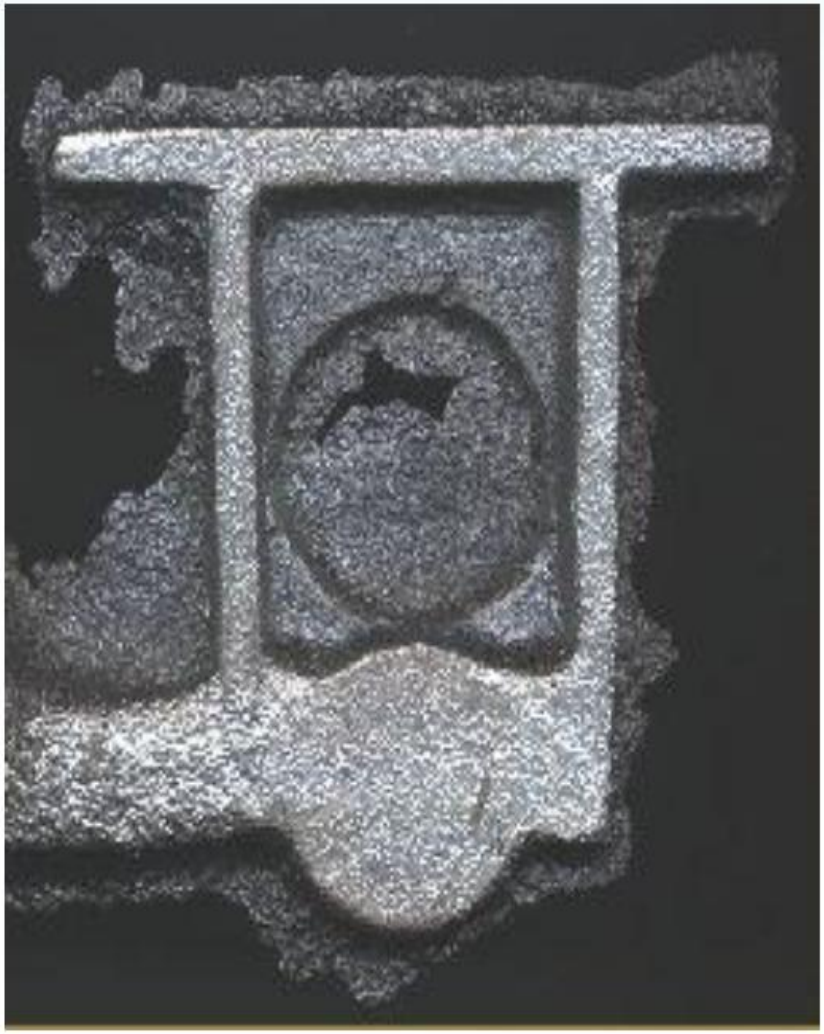
1. **التقلص** : يحدث بسبب المسامات او الفجوات الداخلية في المعدن او بهبوط سطح المسبوكة .ويمكن التغلب عليها بتحسين تصميم المصعد.

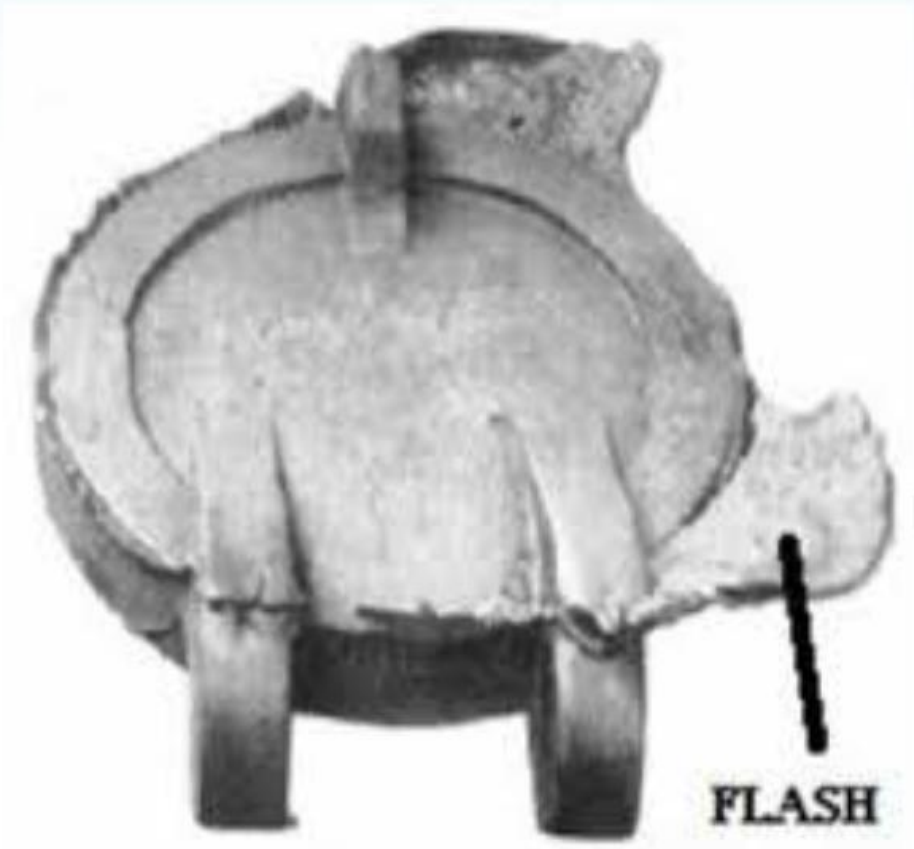




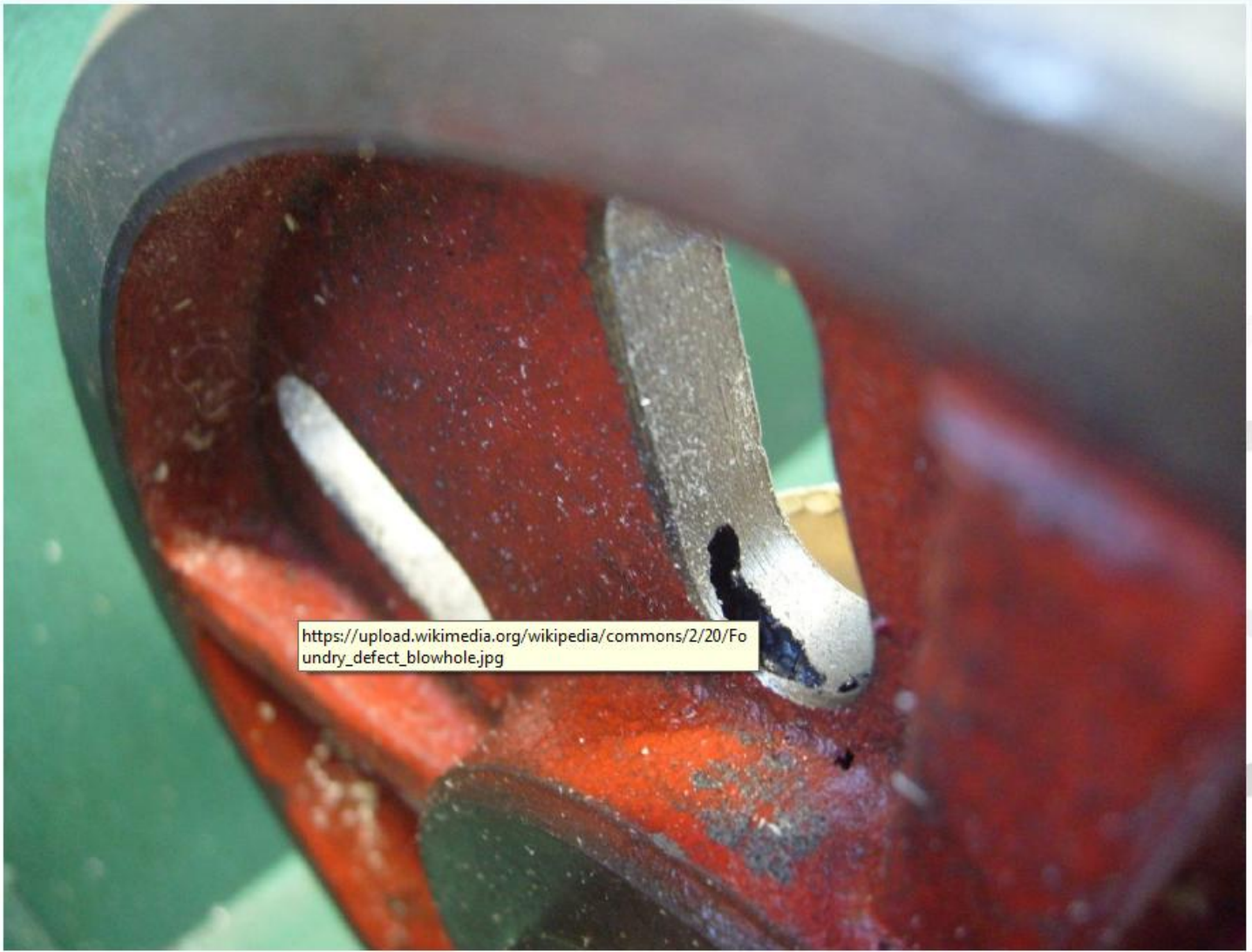
2. **القشور السطحية** : هي قطع خشنة من المعدن الزائد تترسب على السطح الخارجي للمسبوكة سبب تكونها هو سوء دك الرمل او نقص المادة الرابطة في رمل السباكة.

3. **الزعانف**: هو المعدن الزائد الذي يتكون على امتداد الخط الفاصل للقالب بسبب التثبيت غير الجيد لنصفي القالب او اللب.

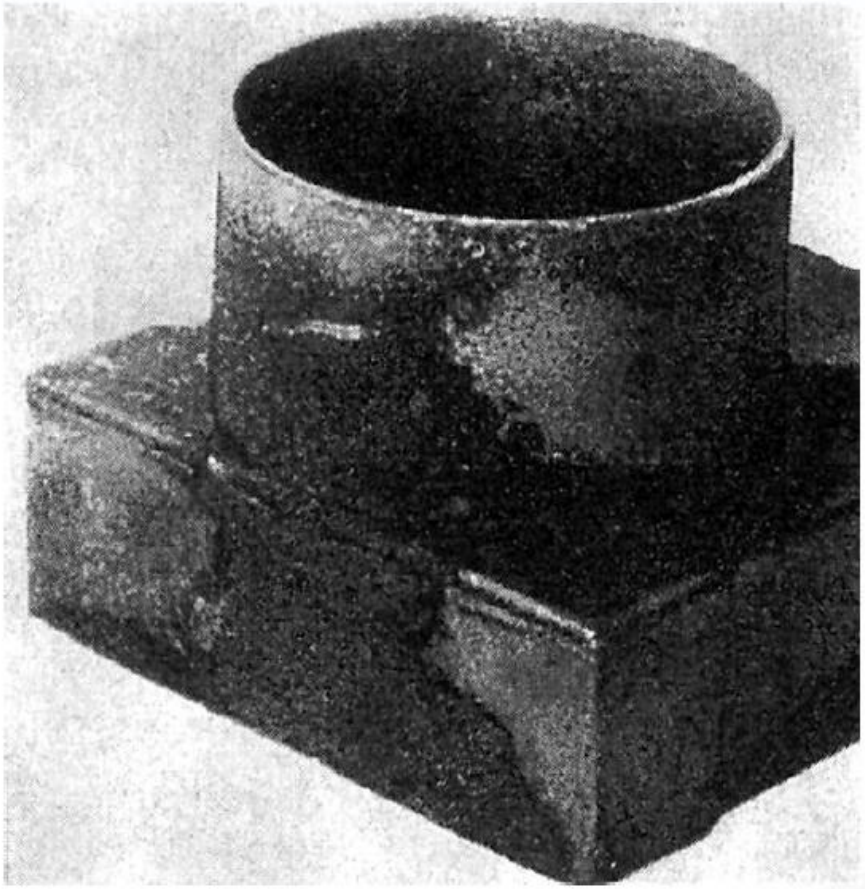


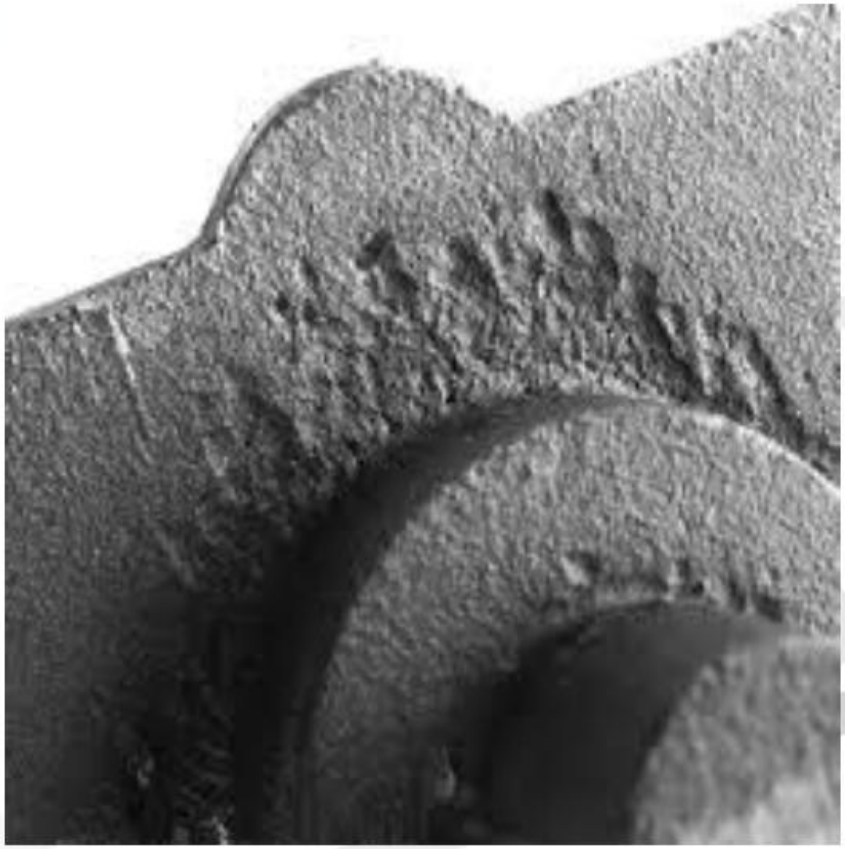


4. **الثقوب الفقاعية** : هي تجاويف داخلية في المسبوكات تتسبب فيها الغازات الموجودة في المعدن المنصهر اثناء خروجها اثناء الصب لذلك يجب اضافة بعض العناصر الطاردة للغازات الى المصهور.

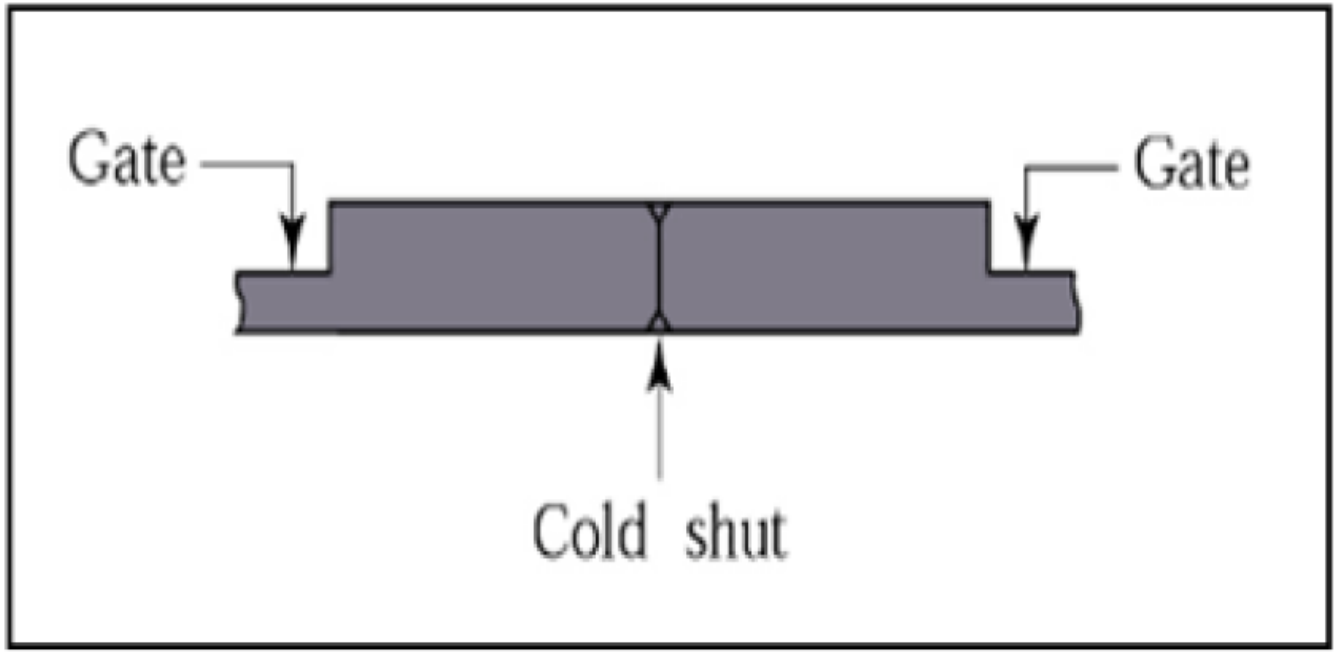


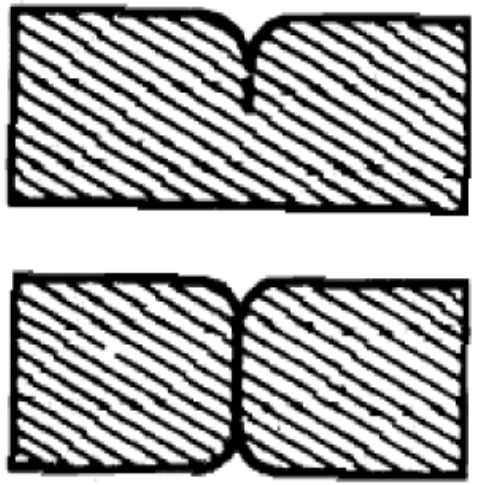
5. **الشوائب** : هي عبارة عن اكاسيد وخبث او حبيبات رمل تتواجد في المسبوك وسببها سوء تنقية المعدن قبل صبه في القالب او رداءة تكوين القالب وافتقاره الى التماسك.



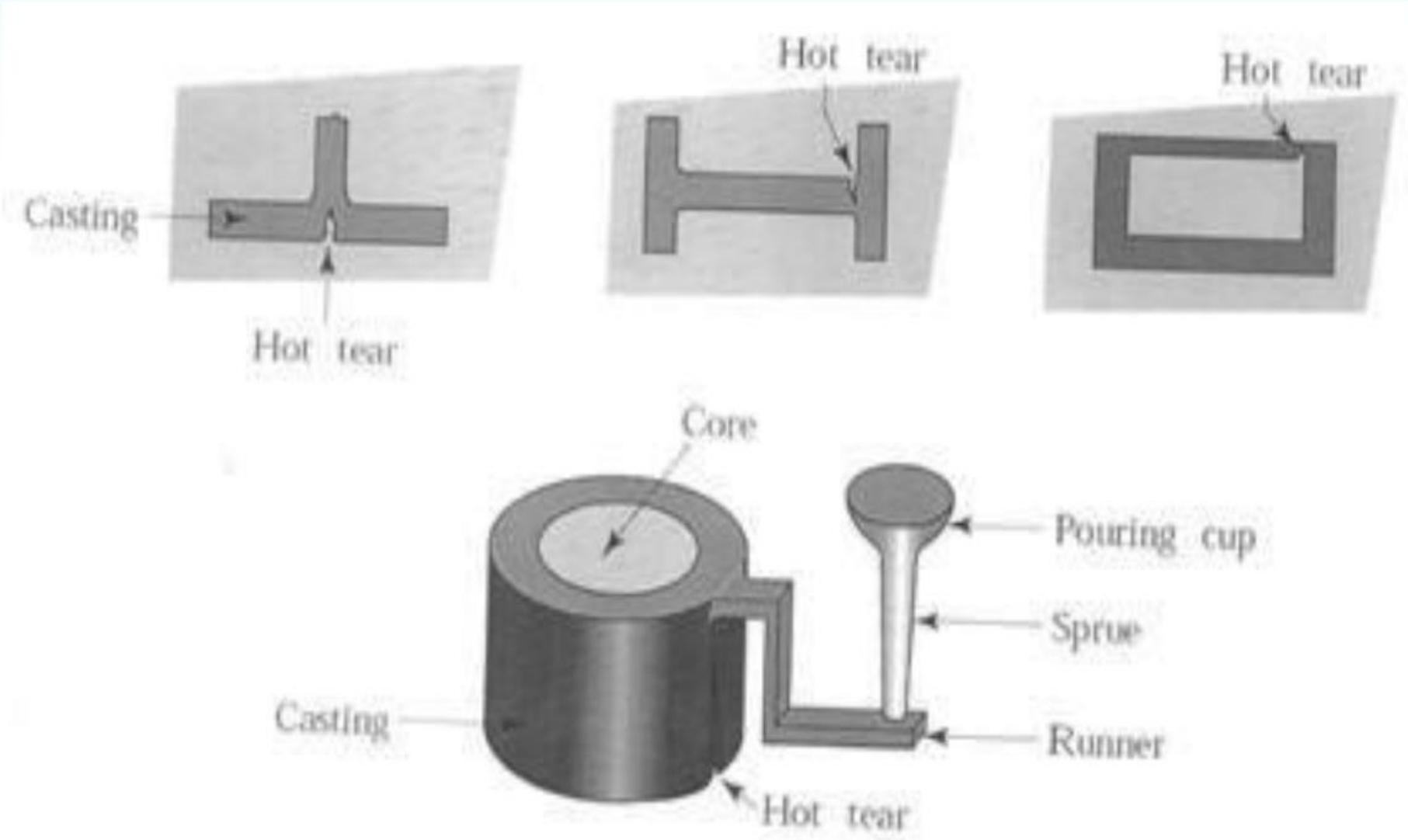


6. **عدم التلاحم :** يتكون عندما يتلاقى تياران من المعدن منسابان داخل القالب وليس لهما السيولة الكافية التي تسمح بكسر طبقات الاكسيد التي تفصلهما ويمكن تلافي ذلك بتحسين تصميم مجاري الصب لضمان وصول المعدن الى جميع اجزاء القالب بنفس السرعة.

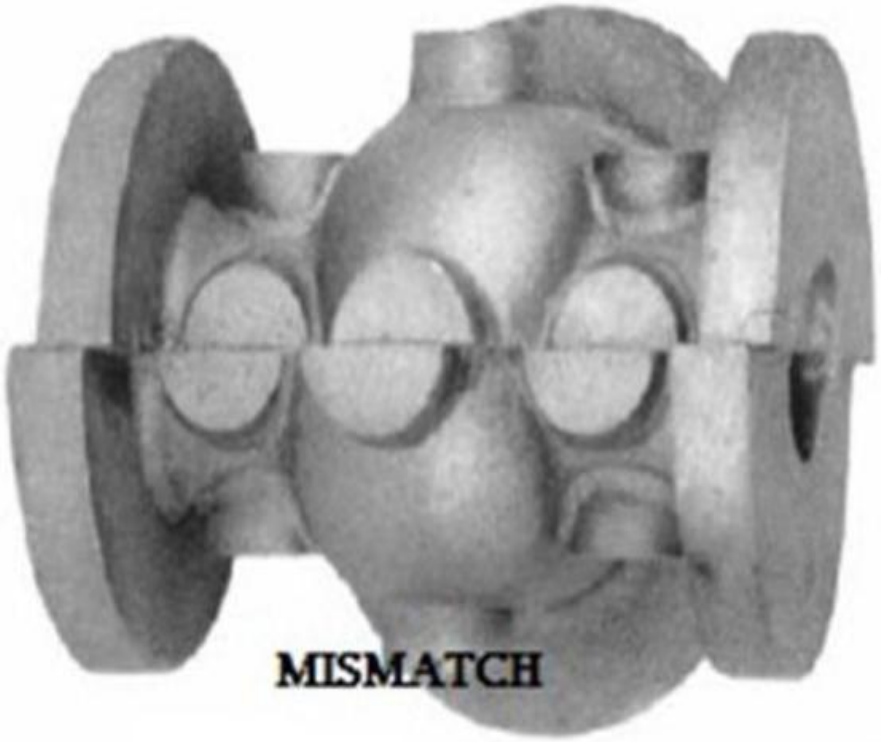




7. **التمزق** : هي شقوق في المسبوكات بسبب الاجهادات الحاصلة اثناء التقلص بسبب التصميم غير الجيد .



8. **<u>عدم التطابق</u>** : عندما يكون النموذج عبارة عان نصفين أو أكثر وعندما لا يتم تثبيت الاجزاء جيداً أو بسبب عدم غلق وتثبيت القوالب جيداً أو لعدم وضع اثقال فوق القالب عند الصب ، ينتج عنه إزاحة وعدم تطابق



سباكة القالب Die Casting

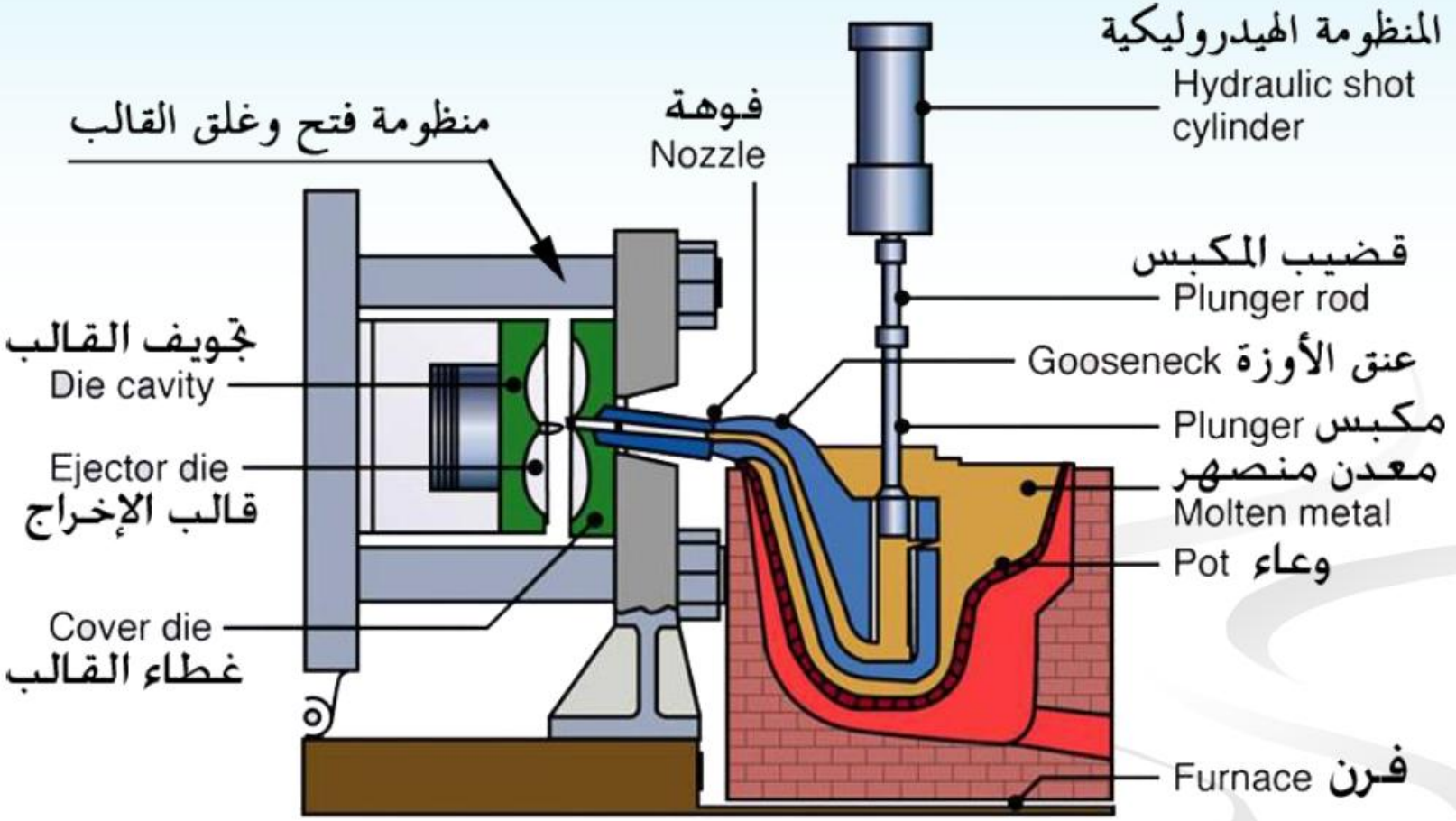
- تعتبر الآلات والقوالب المستخدمة عالية التكلفة، لذلك لا تستخدم إلا في الإنتاج الكمي بدفعات كبيرة.
- تستخدم غالباً في إنتاج المنتجات غير الحديدية.

- **طريقة العمل:** يتم حقن المعدن المصهور تحت ضغط عالٍ في قوالب معدنية مصنوعة بدقة من الحديد السبائكي Alloy steel. يحبس المصهور في القالب تحت الضغط حتى يتم التصلب، ثم يلفظ المنتج الجاهز تلقائياً.

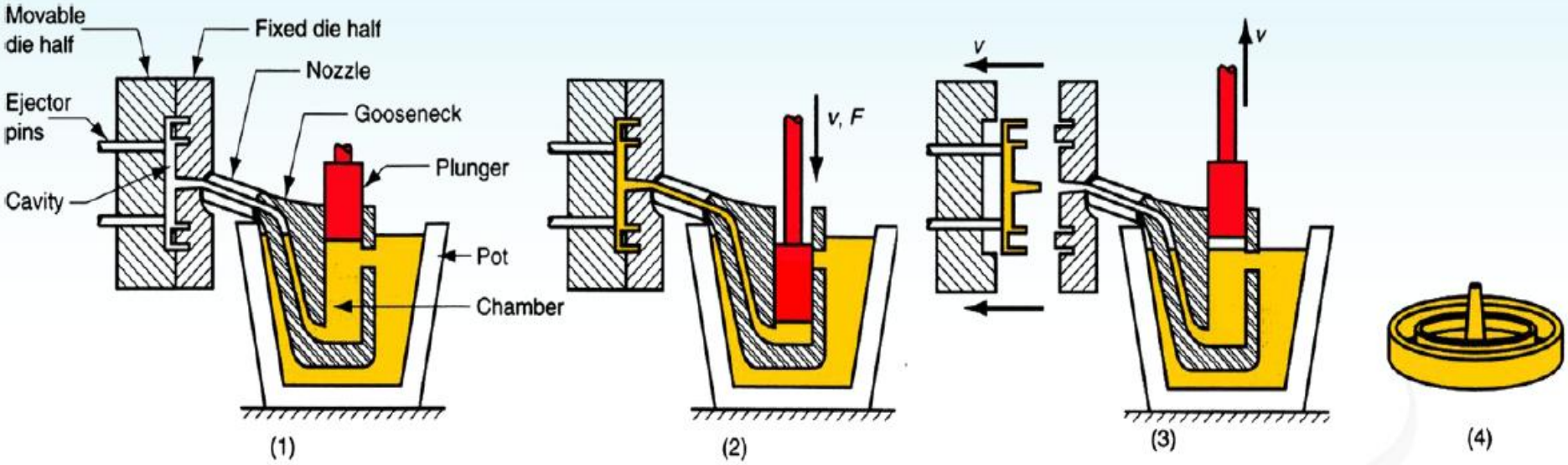
يوجد نوعان من الآلات المستخدمة:

1) **سباكة القالب ذات الحجرة الساخنة Hot chamber die casting:** لا يستخدم هذا النوع في المعادن ذوات نقطة الإنصهار العالية، ولكنه يستخدم في سبائك الزنك والقصدير. وهو مناسب جداً للعمليات الأتوماتيكية.
2) **سباكة القالب ذات الحجرة الباردة Cold chamber die casting:** يستخدم في سباكة المعادن التي لها درجة إنصهار عالية نسبياً مثل الألومنيوم والنحاس والماغنسيوم.

1. سباكة القالب ذات الحجرة الساخنة

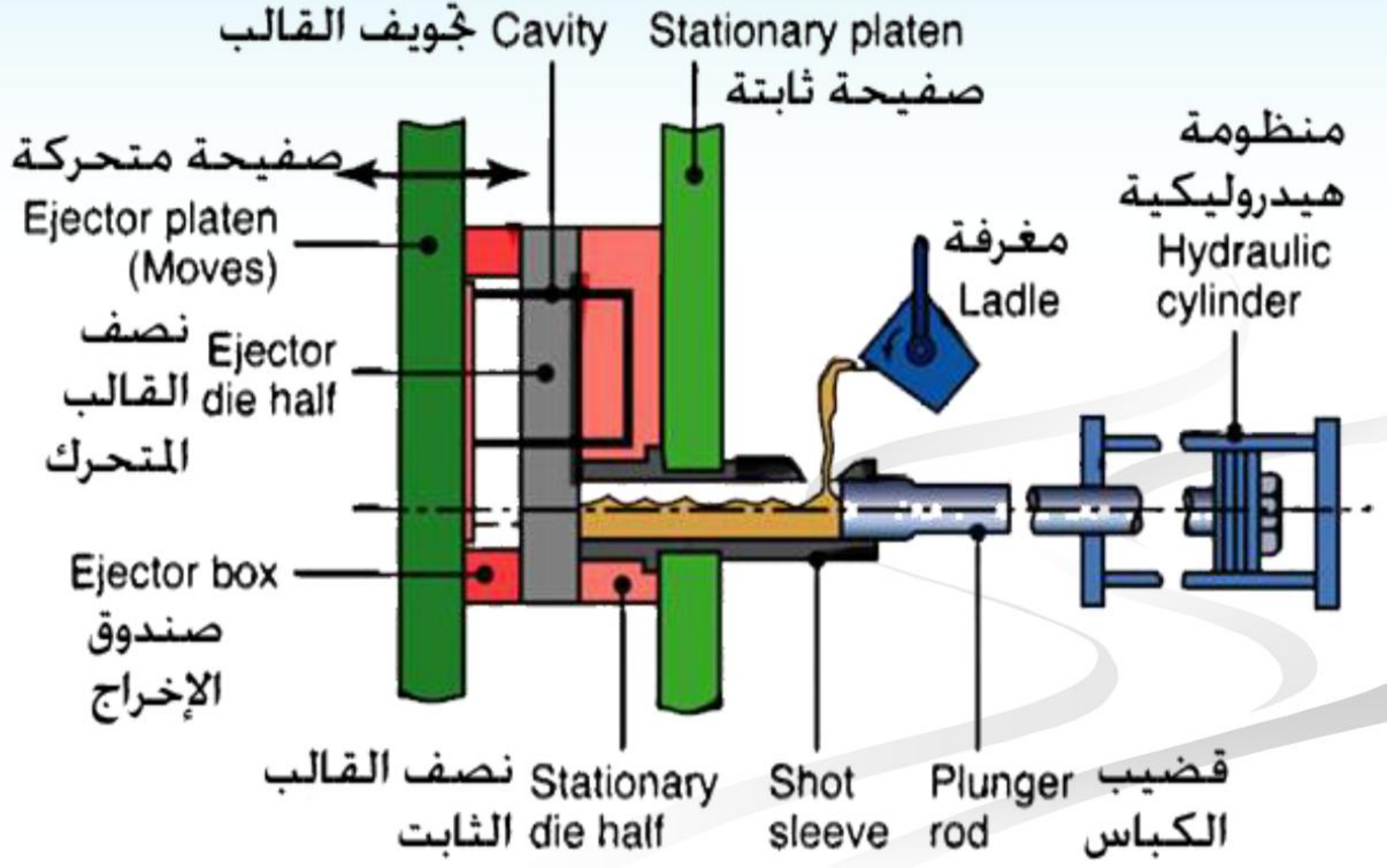


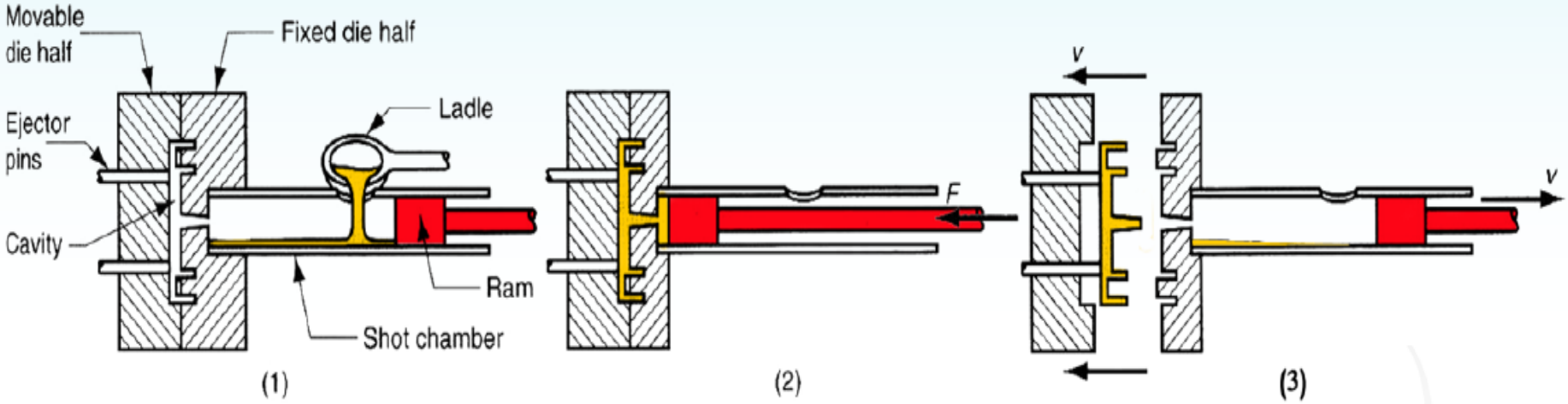
توجد في ألة السباكة ذات الحجرة الساخنة قناة ملتوية مغمورة جزئياً في المعدن المصهور المحبوس داخل البوتقة. وهناك فتحة مأخذ من البوتقة إلى القناة. كما يوجد كباس يتحرك عمودياً في أعلى القناة.



- عند شوط نزول الكبّاس يُضغط المعدن المصهور بإتجاه القالب.
- عندما يعود الكبّاس إلى وضعه الأول يُعاد ملء الحجيرة بالمعدن المصهور المنساب من فتحة المأخذ.
- يتم هذا كله بسرعة عالية مما يقلل من زمن الدورة.

2. سباكة القالب ذات الحجرة الباردة





- في هذه العملية يصب المعدن المصهور في حجرة الإطلاق، ثم يدفع إلى الأمام بواسطة الكبّاس ويحقن في تجويف القالب.
- نظراً لإرتفاع الضغط في هذه العملية (20 – 70 MPa) فإنه يتوجب إستخدام قوى عالية لحفظ القالب مقفل أثناء عملية السباكة.

مميزات سباكة القوالب

1) دقة فائقة.
2) معدلات الإنتاج عالية.
3) الإنهاء السطحي عالي الجودة.
4) جودة عالية للمسبوكات وبنية حبيبية جيدة مع إنخفاض المسامية.
5) إمكانية سبك المشغولات المعقدة ذوات الجدران الرفيعة.

محدودية سباكة القوالب

بسبب التكلفة العالية للآلات المستخدمة لذلك فهي تستخدم في حالة الإنتاج الغزير الذي يبرر الإستثمار في شراء وتشغيل مثل هذه الآلات.

السباكة الشمعية
Investment Casting

في السباكة الشمعية يستخدم نماذج مستهلكة (تستخدم مرة واحدة) مصنوعة من الشمع.

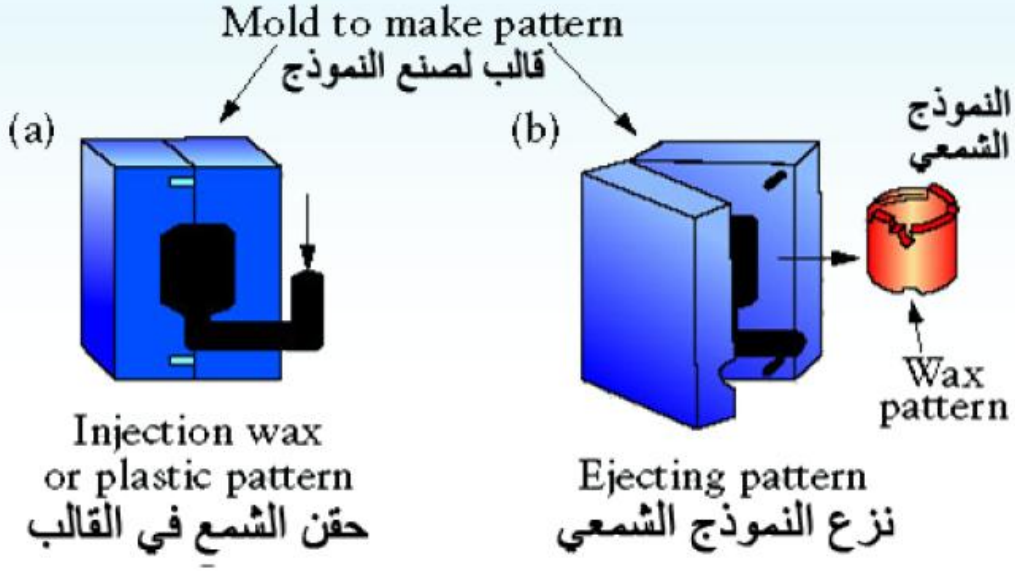
المميزات

1) غزارة الإنتاج.
2) يمكن سباكة المكونات الدقيقة والمعقدة بأحجام تتراوح بين بعض الجرامات إلى 40 كيلوجرام.
3) نتيجةً للدقة العالية لأبعاد المسبوكة المنتجة وجودة أسطحها فإنه لا حاجة لتشغيل المسبوكات.

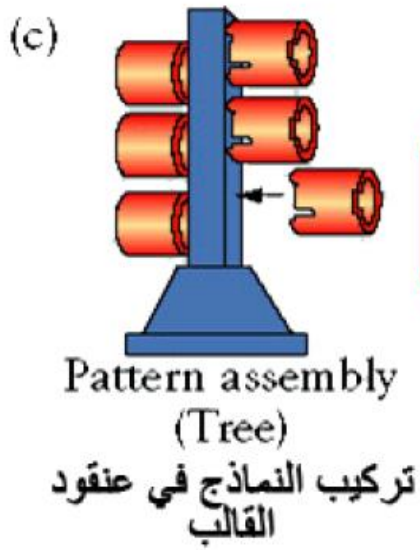
العيوب

1) عملية معقدة نسبياً وتحتاج لوقت طويل في إنتاج القوالب.
2) طريقة مكلفة في صناعة القوالب المعدنية.

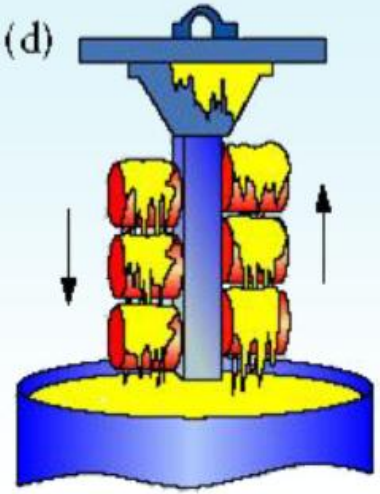
السباكة الشمعية



1) يصنع قالب معدني بتجويف يطابق شكل المسبوكة المطلوبة. ثم يصب أو يحقن الشمع بداخل التجويف. وعندما يبرد الشمع يفتح القالب ويستخرج النموذج الشمعي. عادة ما يصنع عدد كبير من النماذج.

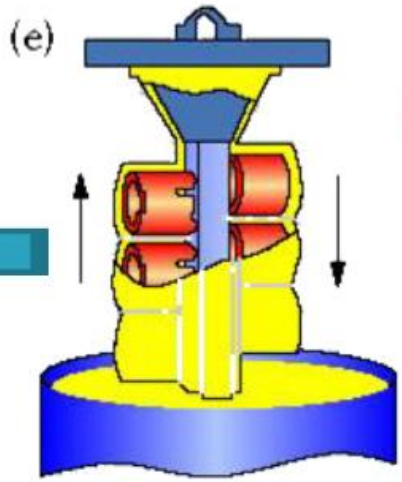


2) تلحم النماذج الشمعية في فتحة صب ومجرى صب شمعيان لتكوين ما يعرف بـ "**الشجرة**".



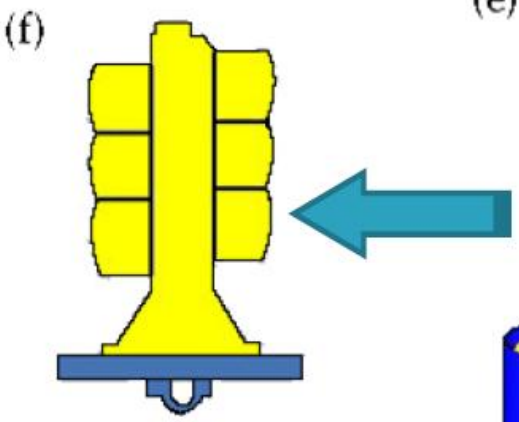
Slurry coating
الغطسة الأولى للعنقود في مادة القالب

3) تغطس الشجرة الشمعية في طين سائل أو مادة مقاومة للحرارة أو جص. سيعمل هذا على جعل السطح الداخلي للقالب ناعماً.

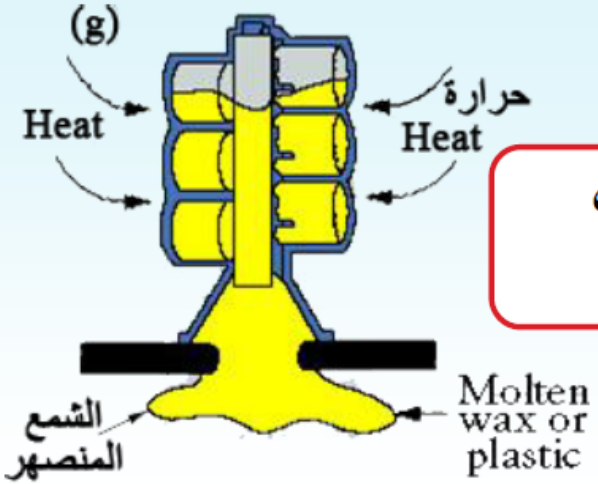


Stucco coating
تغطية الشجرة بمادة خشنة ومقاومة للحرارة

4) تغطى الشجرة مرة أخرى وذلك بغطسها أو برشها بمادة مقاومة للحرارة واكثر خشونة وذلك لإكساب القالب مقاومة أعلى. تعاد هذه الخطوة مرات عدة بقصد زيادة سُمك الجِدار.



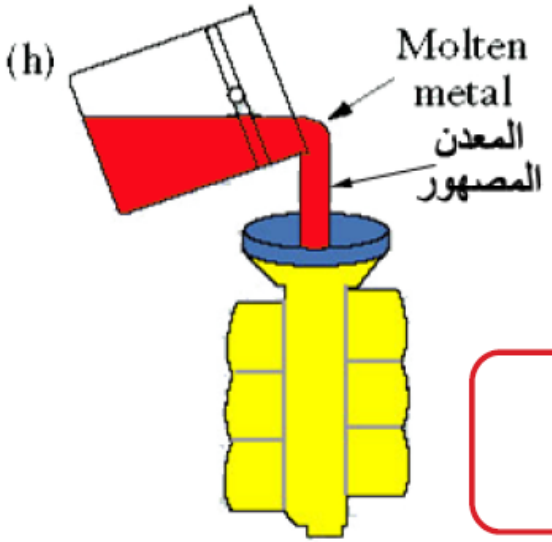
Completed mold
قالب العنقود بالكامل



Pattern meltout
تسخين القالب لإذابة الشمع

5) توضع الشجرة مقلوبة في فرن درجة حرارته حوالي 95 ºم، حيث يعمل هذا على صهر الشمع وتجفيف الغلاف.

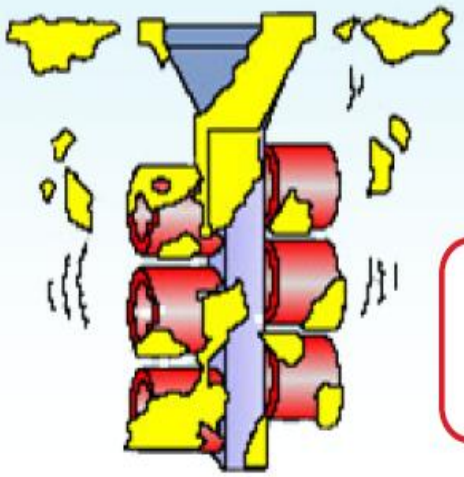
6) يتم إجراء تسخين مسبق (Preheating) للقالب لدرجة حرارة إنصهار المعدن (650 - 1050 ºم). يسمح هذا للمعدن المصهور بالتدفق بسهولة في أركان وزوايا القالب. ويعزز التقلص المتجانس للقالب والمسبوكة مما يسمح بتحكم أفضل في الأبعاد.



Pouring
صب المعدن في القالب

7) يسكب بعدها مباشرةً المعدن المصهور إلى داخل الشجرة عبر فتحة الصب.

(i)



Shakeout
نزع القالب وإستخراج المسبوكات

8) عندما تبرد المسبوكة يكسر القالب تاركاً المنتج ملتصقاً بفتحة الصب والمجرى.

(j)

Casting
المسبوكة

Pattern
النموذج

9) تقطع المسبوكة من عنقود القالب ويجلخ مكان الإرتباط، ويكون بذلك منتج مشابه تماماً لنموذجه.

السباكة بالطرد المركزي
Centrifugal Casting

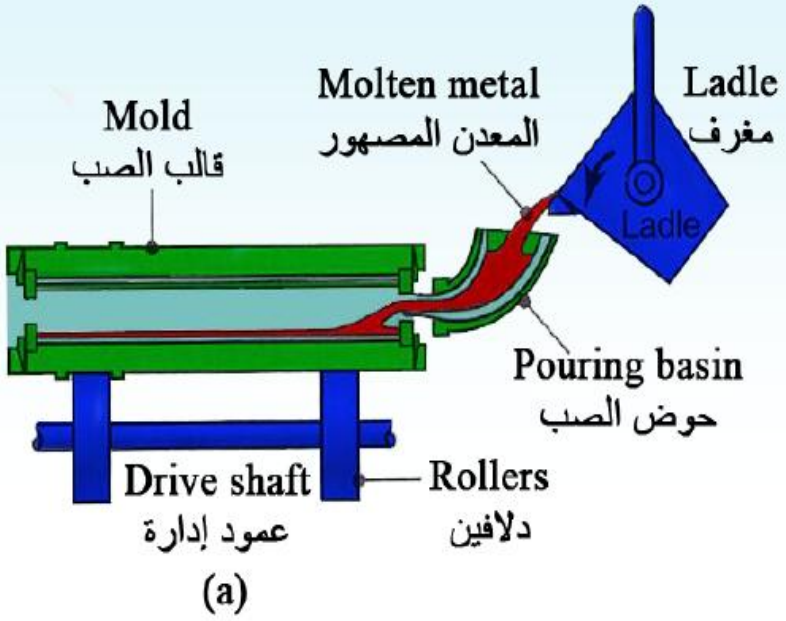
- يستخدم هذا النوع من السباكة في إنتاج المسبوكات الطويلة الجوفاء الإسطوانية الشكل بدون إستعمال اللّب المركزي.
- يوجد نوعان من الات السباكة الطرد المركزي:
  a) **أفقية:** تستخدم في صناعة المواسير والأنابيب.
  b) **عمودية:** تستخدم في صناعة الإطارات.

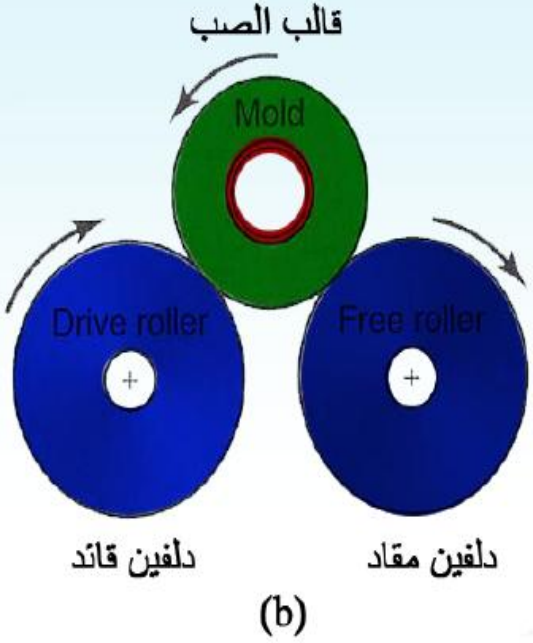
العيوب

1) تصلح هذه الطريقة للمنتجات المتماثلة في الشكل.
2) إذا كانت عناصر السبك من النوع القابل للأنفصال فقد لا يتم توزيع المكونات بشكل جيد.

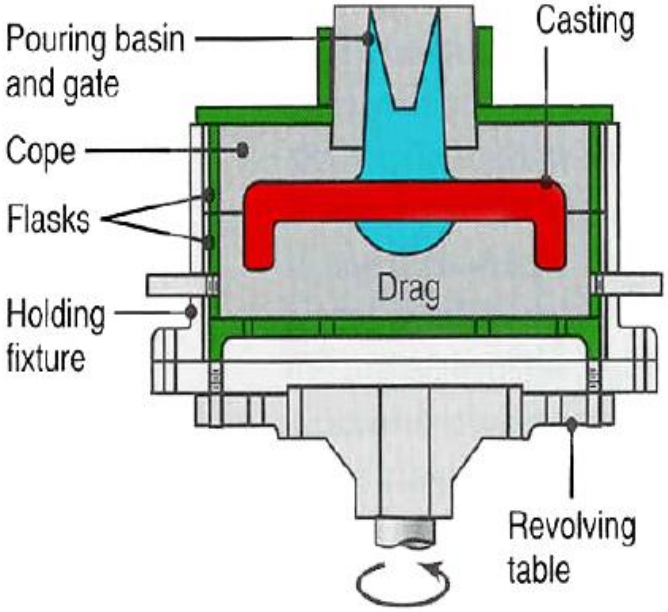
المميزات

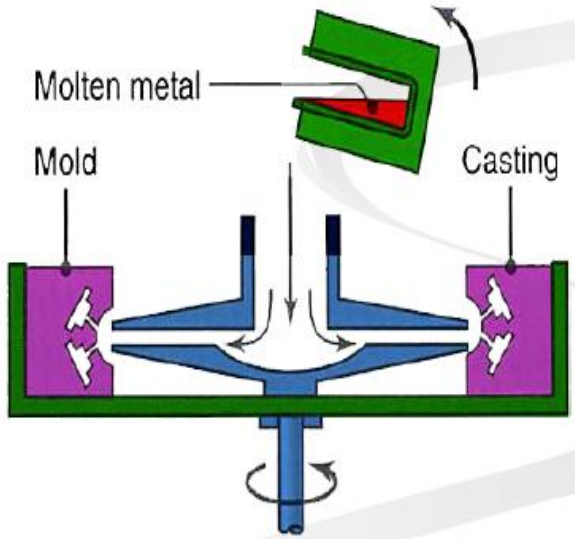
1) سهولة في تصميم القالب.
2) تعمل القوة الطاردة على تسهيل ملء القالب بشكل تام، وعلى تمركز الغازات والشوائب على السطح الداخلي لتسهل إزالتها.
3) يمكن الحصول على سطح خارجي صلب.





النوع الأفقي





النوع العمودي

فكرة عمل السباكة بالطرد المركزي

- يدار القالب المعدني الإسطواني الدائم بسرعات عالية (300 – 3000 دورة/دقيقة).
- في هذه الأثناء يتم صب المعدن المصهور في القالب.
- تعمل قوة الطرد المركزي الناتجة من التدوير على دفع المعدن المصهور نحو السطح الإسطواني للقالب.
- ينتج عن ذلك إسطوانة جوفاء ذات جدار منتظم السمك. وبذلك يمكن الحصول على بنية تركيبية جيدة ومتماسكة مع تمركز كل الشوائب الخفيفة في الوجه الداخلي للإسطوانة التي يمكن إزالتها لاحقاً بالخراطة.

أفران السباكة

- يستعمل فرن الدست في حالة الانتاج الضخم حيث تصل إنتاجيته 40 طن في الساعة ، ويستعمل لصهر كافة أنواع المعادن لارتفاع درجات الحرارة التي ينتجها .
- يستعمل فرن الحث كبديل لفرن الدست لانخفاض تكلفته كما يستعمل في الانتاج المتوسط الحجم .
- تستعمل أفران الغاز في صهر المعادن الغير حديدية .
- يستعمل فرن بسمر لعمليات التنقية او المعالجة للمسبوكات .
- يعتبر فرن القوس الكهربى الاكثر شيوعاً واستخداماً فى أغلب المسابك :

مميزاته :

1. سرعة معدل الانصهار .
2. الاحتفاظ بالحرارة لفترات طويلة .
3. محافظ للبيئة .
4. يمكن انتاج 50 طن في الساعة .
5. يستخدم لصهر المعادن الحديدية فقط
6. يمكن التحكم في التركيب الكيميائي للمعدن

عيوبه :

1. ارتفاع معدل الضوضاء .
2. معدل استهلاك للالكنرودات عالي .
3. تكاليف تشغيله عالية

مقارنة بين عمليات السباكة من حيث الخصائص ومستويات الانتاج

نوع عملية السباكة	التفاوت والخلوص ملم	الخشونة السطحية ميكرومتر	وزن المسبوكة كيلوجرام	السمك الادنى للمقطع ملم	مستويات الانتاج الاقتصادية
الرملية	± 1.5	5 - 25	0.5 - أطنان	2.5	فردي أو دفعات متوسطة
الطرد المركزي	± 0.2	2 - 10	1 - 5 أطنان	2	أقل من 1000
الشمعية	± 0.05	0.3 - 3	0.05 - 3	0.4	100 - 5000
القالب	± 0.05	1 - 2	0.05 - 50	0.5	أكثر من 1000

مقارنة بين عمليات السباكة من حيث المزايا والعيوب ومنتجاتها

نوع عملية السباكة	المزايا	العيوب	المنتجات
الرملية	تصلح لجميع المعادن ، مختلف الاحجام والاشكال ، زمن التجهيز قليل ، اقل التكاليف	يلزم تشغيل الاسطح ، نعومة سطح رديئة ، ابعاد غير دقيقة ، لا يمكن سبك منتجات رقيقة ، لا تستعمل في الانتاج الكمي	متنوعة بإحجام وأشكال مختلفة
الطرد المركزي	عالية الجودة ، بسيطة نسبياً ، قالب دائم ، متوسطة التكاليف	يقتصر استعمالها في المسبوكات المتماثلة ، لا تصلح للسبائك ذات عناصر قابلة للانفصال	الانابيب وأعمدة الانارة والمنتجات الاسطوانية وخاصة الطويلة
الشمعية	ابعاد عالية الدقة ، نعومة سطح عالية ، تصلح لجميع المعادن	تكاليف التجهيز عالية لكثرة مراحلها	مسبوكات صغيرة الى متوسطة سواء كانت معقدة او بسيطة
القالب	معدلات انتاج عالية ، ابعاد عالية الجودة ، نعومة سطح عالية ، ذات بنية حبيبية جيدة	تكاليف تصنيع القوالب باهظة وكذلك الالات الضغط ، تحتاج لانتاج كمي فقط	معظم المنتجات الموجودة في الاسواق